FÍSICA TÉRMICA

COM ÊNFASES CURRICULARES EM CTSA E ENSINO POR INVESTIGAÇÃO

Guia de Orientação para o Professor

Maria Kamylla e Silva Xavier de Almeida

Orientador: Ciclamio Leite Barreto

PPGECNM/ CCET/UFRN
Junho 2016

APRESENTAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL

A essencialidade da pesquisa em ensino está, em geral, ausente de um mestrado profissional em ensino. Nessa modalidade de mestrado deve prevalecer a *pesquisa aplicada*, mais especificamente, o uso de conhecimento previamente produzido para o aprimoramento do processo de ensino-aprendizagem em sala de aula e noutros espaços de difusão de saberes. Entretanto, alguns procedimentos essenciais da pesquisa precisam ser incorporados na dissertação, haja vista a necessidade de referenciar ações do trabalho, bem como a comparação com relatos prévios de experiências similares.

No mestrado profissional em ensino, além da dissertação, que constitui o documento central em que é relatado o trabalho desenvolvido, há a exigência de desenvolver *produtos educacionais*, implementá-los em sala de aula e avaliá-los. Usar a informação advinda da sua implementação para analisar o nível de sucesso alcançado. Esta análise não integra o produto em si, mas faz parte essencial da dissertação, que é o relatório geral do trabalho desenvolvido.

Este documento constitui o produto educacional da dissertação de mestrado profissional. O seu título é ***"Física Térmica com Ênfases Curriculares em CTSA e Ensino por Investigação" – Guia de Orientação para o Professor".*** Consiste de sequências de ensino que cobrem o programa de Física Térmica previsto para a educação básica brasileira. Os professores são convidados a levarem tais sequências de ensino para suas salas de aula quando do cumprimento do programa de Física Térmica no ensino médio. Desejamos que todos usufruam desta experiência no mais profundo sentido, nada menos que o de aprimorar o ensino de física, realizando-o em um ambiente de discussão, cooperação, e interdisciplinaridade. E que possam melhorá-la na medida do que acharem necessário.

Maria Kamylla e Silva Xavier de Almeida

Orientador: Ciclamio Leite Barreto

Natal/ RN

Junho 2016

SUMÁRIO

SUMÁRIO 3
SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA - SEI 01 7
1.1 VISÃO GERAL 7
1.3 DISCIPLINAS CONTEMPLADAS 8
1.4 CONCESSÃO DE TEMPO SUGERIDA 9
1.5 PARE E PENSE 10
ATIVIDADE INVESTIGATIVA I 10
ATIVIDADE INVESTIGATIVA II 12
1.6 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO - I 13
TEMPERATURA, EQUILÍBRIO TÉRMICO E LEI ZERO DA TERMODINÂMICA 14
ATIVIDADE INVESTIGATIVA III 18
1.7 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE - CTSA I 18
MESTRES DOS DISFARCES? 19
ATIVIDADE INVESTIGATIVA IV 20
1.8 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE – CTSA II 21
AS IMPLICAÇÕES DA TEMPERATURA NA REGIÃO DO SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO 21
ATIVIDADE INVESTIGATIVA V 23
1.9 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO - II 24
TERMÔMETROS 24
1.10 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE - CTSA III 25
DEBATES E DECISÕES SOBRE O USO DOS TERMÔMETROS DE MERCÚRIO 26
UE dá adeus ao termômetro de mercúrio 26
Santa Catarina proíbe uso de termômetros de mercúrio: Redes de farmácias e hospitais têm doze meses para se enquadrar a lei 27
CRF-SP discorda de proibição de termômetro de Mercúrio 27
Estado de São Paulo aprova lei que proíbe instrumentos de medição contendo mercúrio 28
ATIVIDADE INVESTIGATIVA VI 29
1.11 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO - III 30
ESCALAS TERMOMÉTRICAS 30
ATIVIDADE INVESTIGATIVA – VII 30
ESCALAS CELSIUS E FAHRENHEIT 30
A ESCALA KELVIN DE TEMPERATURAS ABSOLUTAS 32
ATIVIDADE INVESTIGATIVA VIII 36
1.12 AVALIAÇÃO SUGERIDA 37
1.13 AVALIAÇÃO DA SEI N° 01 37
1.14 ATENDIMENTO AOS DOCUMENTOS OFICIAIS 38
1.14 REFERÊNCIAS 42
SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA – SEI N° 02 44
2.1 VISÃO GERAL 44
2.2 MATERIAIS E RECURSOS 45
2.3 DISCIPLINAS CONTEMPLADAS 46
2.4 CONCESSÃO DE TEMPO SUGERIDA 46
2.5 PARE E PENSE 48
ATIVIDADE INVESTIGATIVA I 48
2.6 EXPERIMENTAÇÃO – ATIVIDADE INVESTIGATIVA II 50

2.7 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE – CTSA I 51
UM POUCO DE HISTÓRIA NA FÍSICA – LEI DO RESFRIAMENTO DE NEWTON 51
APLICABILIDADE DA LEI DO RESFRIAMENTO DE NEWTON 52
2.8 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO - I 56
INTRODUÇÃO À DILATAÇÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS 57
2.9 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE – CTSA II 58
ATIVIDADE INVESTIGATIVA III 58
CONCESSIONÁRIA DIZ QUE VÃO NA PONTE RIO-NITERÓI É NECESSÁRIO 59
2.10 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO - II 60
DILATAÇÃO LINEAR 60
ATIVIDADE INVESTIGATIVA IV 63
DILATAÇÃO SUPERFICIAL 65
DILATAÇÃO VOLUMÉTRICA 66
2.11 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE –CTSA III 67
LUA DE PLUTÃO 'RASGOU' SUPERFÍCIE COMO O 'HULK' FAZ COM AS ROUPAS 68
ATIVIDADE INVESTIGATIVA V 69
2.12 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO - III 70
DILATAÇÃO TÉRMICA DOS LÍQUIDOS 70
ATIVIDADE INVESTIGATIVA VI 71
2.13 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO IV 72
COMPORTAMENTO ANÔMAL DA ÁGUA 72
2.14 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE – CTSA IV 74
O CASO DO LAGO NYOS 74
ATIVIDADE INVESTIDATIVA VI 77
2.15 AVALIAÇÃO SUGERIDA 78
2.16 AVALIAÇÃO DA SEI N° 02 78
2.17 ATENDIMENTO AOS DOCUMENTOS OFICIAIS 79
DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA O ENSINO MÉDIO [9] 79
PCN+ - ENSINO MÉDIO [10] 80
MATRIZ DE REFERÊNCIA PARA O ENEM 2009 [11] 82
2.18 REFERÊNCIAS 83
SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA – SEI N° 03 85
3.1 VISÃO GERAL 85
3.2 MATERIAIS E RECURSOS 86
3.3 DISCIPLINAS CONTEMPLADAS 86
3.4 CONCESSÃO DE TEMPO SUGERIDA 87
3.5 PARE E PENSE 88
ATIVIDADE INVESTIGATIVA I 88
3.6 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO - I 88
NATUREZA DO CALOR 89
ATIVIDADE INVESTIGATIVA II 92
CALOR E ENERGIA INTERNA 92
CONDUÇÃO 93
3.8 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE -CTSA I 95
ALISAMENTO TÉRMICO CAPILAR 95
ATIVIDADE INVESTIGATIVA III 97
3.9 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO II 98
CONVECÇÃO 98
ATIVIDADE INVESTIGATIVA IV 99
3.10 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE - CTSA II 100
A INVERSÃO TÉRMICA E A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA 100
ATIVIDADE INVESTIGATIVA IV 102

3.11 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO III 102
RADIAÇÃO 102
ENERGIA SOLAR 105
AQUECEDOR SOLAR 105
ATIVIDADE INVESTIGATIVA V 107
3.12 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE - CTSA II 108
ILHAS DE CALOR 108
ATIVIDADE INVESTIGATIVA VI 109
3.13 AVALIAÇÃO SUGERIDA 110
3.14 AVALIAÇÃO DA SEI N° 03 110
3.15 ATENDIMENTO AOS DOCUMENTOS OFICIAIS 111
DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA O ENSINO MÉDIO [13] 111
PCN+ - ENSINO MÉDIO [10] 112
1.14 REFERÊNCIAS 117
SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA – SEI N° 04 119
4.1 VISÃO GERAL 119
4.2 MATERIAIS E RECURSOS 121
4.3 DISCIPLINAS CONTEMPLADAS 121
4.4 CONCESSÃO DE TEMPO SUGERIDA 121
4.5 PARE E PENSE – ATIVIDADE INVESTIGATIVA I 123
4.6 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO I 124
UNIDADES DE CALOR 124
4.7 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE - CTSA I 125
ENERGIA PARA O TRABALHO DO HOMEM PRIMITIVO 125
ATIVIDADE INVESTIGATIVA II 126
4.8 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO II 127
CAPACIDADE TÉRMICA E CALOR ESPECÍFIO 127
CALOR ESPECÍFIO DA ÁGUA 131
ATIVIDADE INVESTIGATIVA III 132
4.9 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE - CTSA II 133
TESTE FEITO NA CÂMARA É REFERÊNCIA CONTRA A SECA 133
ATIVIDADE INVESTIGATIVA IV 135
4.10 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO III 135
CALORIMETRIA 135
4.11 CALOR LATENTE 136
AS MUDANÇAS DE FASE 138
ATIVIDADE INVESTIGATIVA V 140
4.12 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE - CTSA III 141
PRODUÇÃO DE SAL MARINHO DA MICRORREGIÃO SALINEIRA DO RIO GRANDE DO NORTE 142
ATIVIDADE INVESTIGATIVA VI 144
4.13 AVALIAÇÃO SUGERIDA 145
4.14 AVALIAÇÃO DA SEI N° 04 145
4.15 ATENDIMENTO AOS DOCUMENTOS OFICIAIS 146
DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA O ENSINO MÉDIO [7] 146
PCN+ - ENSINO MÉDIO [8] 147
3.14 REFERÊNCIAS 152
SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA – SEI N° 05 153
5.1 VISÃO GERAL 153
5.2 MATERIAIS E RECURSOS 154
5.3 DISCIPLINAS CONTEMPLADAS 154
5.4 CONCESSÃO DE TEMPO SUGERIDA 155
5.5 PARE E PENSE – ATIVIDADE INVESTIGATIVA I 156

5.6 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO I 158
ESTUDO DOS GASES 158
5.7 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE - CTSA I 160
OS PRINCIPAIS GASES QUE COMPÕEM O AR E SUAS APLICAÇÕES 161
POLUENTES ATMOSFÉRICOS 162
ATIVIDADE INVESTIGATIVA II 166
5.8 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO II 166
GÁS IDEAL 166
O NÚMERO DE MOLS 167
EQUAÇÃO DE ESTADO 168
A CONSTANTE UNIVERSAL DOS GASES 168
A CONSTANTE DE BOLTZMANN 169
ATIVIDADE INVESTIGATIVA - III 170
5.9 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO III 170
UM POUCO DE HISTÓRIA 170
A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA INTERPRETAÇÃO DO COMPORTAMENTO DOS GASES 171
TRANSFORMAÇÕES GASOSAS 174
ATIVIDADE INVESTIGATIVA IV 175
5.10 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE - CTSA II 176
AQUECIMENTO GLOBAL 176
ATIVIDADE INVESTIGATIVA V 178
5.11 AVALIAÇÃO SUGERIDA 178
5.12 AVALIAÇÃO DA SEI N° 05 179
5.13 ATENDIMENTO AOS DOCUMENTOS OFICIAIS 179
DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA O ENSINO MÉDIO [13] 179
PCN+ - ENSINO MÉDIO [10] 181
5. 14 REFERÊNCIAS 186

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA - SEI 01

Temperatura, Termômetros e Escalas Termométricas

1.1 VISÃO GERAL

Esta é a primeira Sequência de Ensino Investigativa (SEI N° 01) do Produto Educacional **Física Térmica com Ênfases Curriculares em CTS(A) e Ensino por Investigação: guia de orientação para o professor**. A temática abordada contempla conceitos de temperatura, termômetros, escalas termométricas e conversões entre elas. Sua organização permite inserção de História da Ciência por meio de discussões de aspectos históricos, evidenciando em vários pontos a construção do conhecimento científico, inclusive na etapa de experimentação.

A abordagem em Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) é inserida inicialmente com textos de apoio para discussões de aspectos regionais, no que concerne a crise hídrica (ênfase na evaporação de açudes) e a influência da temperatura na mudança de cor do camaleão no semiárido do Nordeste brasileiro, considerando que o papel desempenhado pela temperatura é determinante na luta pela sobrevivência humana e de todas as formas de vida. Em um segundo momento é considerado o contexto global, propiciando aos alunos informação e discussão sobre o abandono do uso do elemento mercúrio (Hg) nos termômetros de coluna pela comunidade europeia e mais recentemente em alguns estados brasileiros. A definição do conceito de temperatura é expressa inicialmente, como uma medida das sensações de quente e frio em relação a um determinado padrão (descrição macroscópica) e, mais adiante, como a medida do grau de agitação das moléculas de um material (descrição microscópica). A discussão em torno das diversas escalas termométricas é feita a partir de questões abertas que levam à formalização matemática das relações entre elas.

O tempo de aula é utilizado para: i) contemplar a exploração de concepções espontâneas e o aprimoramento destas a fim de incorporar os conceitos científicos; ii) discutir aspectos históricos que evidenciem o processo de construção do conhecimento científico; iii) realizar experimento; iv) organizar os conteúdos e suas aplicações em situações que realçam a temperatura na vida em sociedade, em aparatos tecnológicos integrados ao cotidiano e nas ações em defesa do meio ambiente.

1.2 MATERIAIS E RECURSOS

- Cópia dos textos de apoio, textos complementares e demais atividades a serem empreendidas em sala de aula;
- Três recipientes contendo respectivamente, água retirada da torneira (temperatura ambiente), mistura de água e gelo (em equilíbrio térmico), água quente;
- Lousa da sala e giz;
- Termômetros (nos tipos que forem possíveis de encontrar);

1.3 DISCIPLINAS CONTEMPLADAS

- Física: No tratamento de conteúdos conceituais específicos desta sequência de ensino.
- Matemática: Na formalização matemática dos conceitos e utilização de equações para resolução de problemas.
- História: nos textos de apoio e nas discussões envolvendo aspectos históricos da construção do conhecimento.
- Português: Na utilização por leitura, compreensão e interpretação dos textos, e na elaboração escrita das argumentações para as respostas dos questionários.
- Biologia: Nas discussões acerca da influência da temperatura na sobrevivência das espécies e nas discussões sobre os riscos de utilização do mercúrio na fabricação de termômetros.

1.4 CONCESSÃO DE TEMPO SUGERIDA

Esta sequência de ensino está organizada para ser ministrada em um tempo de seis aulas, de 45 minutos cada uma, distribuídas conforme o quadro abaixo. No entanto, devemos lembrar que cada aplicação apresentará suas particularidades que poderão influenciar em sua duração.

Quadro 1.1: Roteiro sugerido para implementação da SEI N° 01.

Aula	Roteiro Sugerido	
Aula 01	**Pare e pense** *25 minutos*	- Aplicação do questionário - **Teste de Sondagem**. *(10 minutos)*
		- Discussão das ideias de Aristóteles e Galeno e análise comparativa com os conhecimentos prévios dos alunos. *(10 minutos)*
	Experimentação *20 minutos*	- Prática. *(10 minutos)*
		- Discussão: *(10 minutos*
Aula 02	**Organização do Conteúdo I** *45 minutos*	- Explanação do conteúdo - **Temperatura, Equilíbrio Térmico e Lei Zero da Termodinâmica** *(20 minutos)*
		- Resolução de exercício pelos alunos. *(15minutos)*
		- Discussão do exercício. *(10 minutos)*
Aula 03	**CTSA I e II** *45 minutos*	- Leitura e discussão do texto CTSA I: **"Mestre dos Disfarces?"**. *(15 minutos)*
		- Leitura e discussão do texto CTSA II: **"As implicações da temperatura no Semiárido do Nordeste brasileiro"**. *(15 minutos)*
		- Resolução das questões de compreensão dos textos *(15 minutos)*
Aula 04	**Organização do Conteúdo II** *10 minutos*	- Explanação do conteúdo - **Termômetros** *(10 minutos)*
	CTSA III *35 minutos*	- Leitura e discussão dos textos da sessão CTSA III: **"Debates e decisões sobre o uso do termômetro de mercúrio"**. *(30 minutos)*
		- Orientação de leitura e pesquisa referente a atividade aos textos CTSA III *(5 minutos)*

Aula 05	**CTSA III** *10 minutos*	- Discussão da atividade de pesquisa referente aos textos da sessão CTSA III *(10 minutos)*
	Organização do Conteúdo III - *20 minutos*	- Explanação do conteúdo **Escalas Celsius e Fahrenheit** *(20 minutos)*
	Organização do Conteúdo III - *25 minutos*	- Explanação do conteúdo - **A escala kelvin de temperaturas absolutas** *(20 minutos)*
Aula 06	**Organização do Conteúdo III -** *35 minutos*	- Resolução de exercício pelos alunos *(20 minutos)*
		- Discussão do exercício *(15 minutos)*
	Avaliação da SEI *(10 minutos)*	- Aplicação do questionário para avaliação da SEI. *(10 min)*

Fonte: Elaborado pela autora

1.5 PARE E PENSE

ATIVIDADE INVESTIGATIVA I

A aula é iniciada com a distribuição de um teste de sondagem impresso em forma de questionário contendo três questões que devem ser respondidas individualmente e por escrito.

Quadro 1.2: Teste de Sondagem – SEI N° 01

Teste de sondagem

Nome: _____

1. Descreva pelo menos uma experiência marcante em sua vida relacionada à temperatura.
   _____
   _____
   _____
   _____
   _____

2. Suponha que você tem duas garrafas de água mineral, cada uma de 1 L, a uma temperatura de 25 °C . Se você derramar ambas em um mesmo recipiente adequado, você terá um volume de 2 L no recipiente. Qual a temperatura do volume total no recipiente?
   _____

3. Você poderia expressar pelo menos um motivo para aprender a ciência da temperatura?
   _____
   _____
   _____
   _____
   _____

Fonte: Elaborado pela autora

Discussão dos Questionários

Nesta etapa, o professor faz a leitura de algumas ideias acerca do conceito de temperatura ao longo do tempo.

Ideias de Aristóteles e Galeno sobre Temperatura

Para o filósofo Grego Aristóteles (384-322 a.C.), as substâncias existentes na Terra eram formadas de quatro elementos, sendo eles o ar, a água, o fogo e a terra. Cada um desses tinha um par de qualidades sensíveis. A água era úmida e fria; a terra era fria e seca; o fogo, seco e quente; e o ar, quente e úmido. Na Física de Aristóteles, a palavra temperatura aparecia com a conceituação de um temperamento ou estado assumido pelos corpos, dado pelo grau da mistura de qualidades opostas: o quente e o frio.

Seguindo as ideias de Aristóteles, o médico Grego Galeno (129-200 a. C.) dizia que cada pessoa possuía sua temperatura e que os remédios serviam para normalizar seu temperamento

- retomar a sua temperatura. Galeno admitia ainda que cada indivíduo possuía uma temperatura própria que era alterada quando doente. Os remédios que traziam a cura deveriam, assim, restabelecer o temperamento ideal do corpo e assim sendo o grau apropriado de calor ou de frio. Na verdade, escalas qualitativas de temperatura, semelhantes às de Galeno, envolvendo referências às estações do ano, como o mais quente verão e o mais frio inverno, existiram, de há muito, entre povos das mais variadas regiões do planeta (MEDEIROS, 1999; 2011) [1,2].

As respostas dos alunos serão discutidas por meio de uma análise comparativa com as ideias de Aristóteles e Galeno. Ao passo que o professor faz o diagnóstico das concepções espontâneas dos alunos, procura aprimorá-las a fim de incorporar os conceitos científicos. Desta forma, pode-se mostrar uma Ciência menos dogmática e um conhecimento científico construído coletivamente. A História da Ciência é utilizada como subsídio para que o aluno possa perceber o processo de construção do conhecimento e que se veja como ator deste processo. As referências dos episódios mencionados durante a aula podem ser disponibilizadas para leitura extraclasse.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA II

Experimentação

Neste momento será utilizado o experimento idealizado em 1690, pelo filósofo inglês John Locke (1632-1704): coloquemos uma mão num vaso A (com água quente) e a outra mão num vaso B (com água gelada). Em seguida coloquemos as duas mãos num terceiro vaso C (com água à temperatura ambiente). Como avaliaremos a temperatura deste terceiro vaso?

O experimento será realizado em duplas. O professor fará um quadro na lousa para anotar as respostas dos alunos e em seguida discuti-las.

Quadro 1.4: Modelo de quadro para anotação de respostas do experimento

Duplas	Temperatura do recipiente C	
	Resposta do aluno 1	Resposta do aluno 2
I		
II		
III		
IV		
V		
VII		

Fonte: Elaborado pela autora.

De cada dupla, o aluno 1 será convidado a colocar a mão no recipiente A (com água gelada) e em seguida no recipiente C (com água à temperatura ambiente). O aluno 2 será convidado a colocar a mão no recipiente B (com água quente), com água quente e em seguida no recipiente C (com água à temperatura ambiente). O professor anotará a resposta de cada aluno em relação à temperatura da água no recipiente C.

Por meio deste experimento, o professor conduzirá uma discussão de modo que os alunos possam perceber a dificuldade para avaliar as temperaturas dos corpos utilizando o tato (MEDEIROS, 2011) [1], pois nosso corpo só consegue diferenciar o que está frio ou quente em relação à sua própria temperatura (GRATON E CASSIOLATO, 2011) [3].

1.6 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO - I

Orientamos que o conteúdo deste tópico está disponível na versão de impressão para o aluno juntamente com as questões propostas. Nesta sessão será introduzido o conceito científico de temperatura, equilíbrio térmico e apresentar a Lei Zero da Termodinâmica.

TEMPERATURA, EQUILÍBRIO TÉRMICO E LEI ZERO DA TERMODINÂMICA

Adaptado de Serway (2006) [4] e Ferreira (2006) [5] e Pires et al (2006) [6]

Frequentemente associamos o conceito de **temperatura** com o grau de **calor** ou de **frio** de um corpo quando o tocamos. Assim, nosso sentido de tato nos fornece uma indicação qualitativa da temperatura; entretanto, nossos sentidos são pouco confiáveis e frequentemente enganadores, como visto na realização do experimento.

Por exemplo, Se você remover uma bandeja de gelo de metal e um pacote de isopor e plástico com vegetais congelados do freezer, a bandeja de gelo parecerá mais fria para sua mão do que os vegetais, apesar de os dois estarem na mesma temperatura (Figura 1.1).

Figura 1.1. Substâncias logo após serem retiradas do freezer.
Fonte: http://cdn.receitasdeminuto.com/wp-content/uploads/2011/02/ie280029.jpg

Isso acontece por que as propriedades dos metais propiciam que a transferência de energia (pelo calor) de sua mão para a bandeja de gelo seja mais rápida do que para a embalagem de isopor e plástico. Sua pele é sensível à *taxa* de transferência de energia – potência – e não à temperatura do corpo. Naturalmente, quanto maior a diferença de temperatura entre a bandeja e sua mão, mais rápida é a transferência de energia (maior potência), e assim, a temperatura e a sensibilidade do seu tato estão relacionadas de *alguma* maneira.

Apesar da evidente relação entre a temperatura de um corpo e o nosso tato, as medidas qualitativas fornecidas pelas sensações térmicas são vagas e imprecisas, pois dependem da pessoa e das condições nas quais a mesma se encontrava anteriormente, induzindo facilmente o observador ao erro. O que necessitamos é de um instrumento confiável e reprodutível para estabelecer a "quentura" ou a "frieza" de um corpo, baseado em considerações distintas do sentido do tato: o termômetro, utilizado para medir de forma quantitativa a temperatura dos corpos. Ele faz uso de comparações entre a variação de propriedades das

substancias como volume, pressão, resistência elétrica, variação de cor etc. para relacioná-las com a variação da temperatura.

Os cientistas desenvolveram uma variedade de termômetros para fazer tais medidas quantitativas.

Figura 1.2. Diversos termômetros analógicos e digitais.
Fonte: Compilada pela autora

Estamos todos familiarizados com experiências nas quais dois corpos em temperaturas iniciais diferentes eventualmente alcançam alguma temperatura intermediária quando colocados em contato um com o outro. Por exemplo, se você misturar em um recipiente, água quente e água fria, a água combinada, após decorrido um tempo, alcança uma temperatura de equilíbrio – temperatura comum única – entre as temperaturas da água quente e da água fria

(Figura. 1.3). Do mesmo modo se um cubo de gelo for colocado em um copo de café quente, o gelo eventualmente irá derreter e a temperatura do café diminuirá (Figura 1.4).

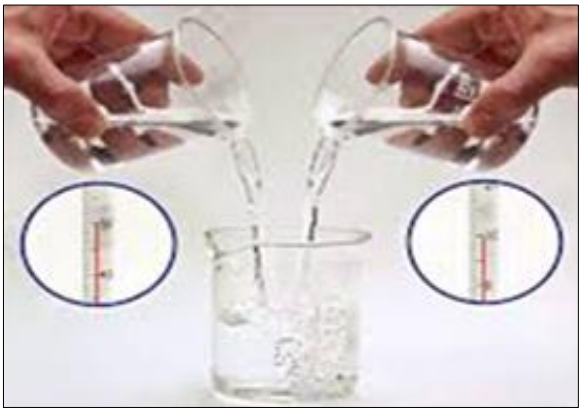


Figura 1.3. Misturando água em diferentes temperaturas.
Fonte:http://deconceptos.com/wp-content/uploads/2010/08/concepto-de-equilibrio-termico-150x150.jpg

Figura 1.4. Café e gelo entrando em equilíbrio térmico.
Fonte:http://www.puzzlesjunior.com/imatjes/caf%C3%A9-con-hielo_53b6638e9d2b5-p.jpg

Utilizaremos estes exemplos familiares para desenvolver a noção científica de temperatura em termos macroscópicos. Mais adiante veremos sua definição em termos da estrutura da matéria.

A temperatura é uma medida das sensações de quente e frio em relação a um padrão.

Imagine dois objetos colocados em um recipiente, de tal forma que formem um sistema isolado. Se os corpos estiverem em temperaturas diferentes, energia pode ser trocada entre eles. O **contato térmico** é uma condição que facilita essa troca, mas há mecanismos específicos através dos quais ela ocorre. Esses mecanismos são identificados como condução, convecção e radiação, e em todos eles há propagação de calor (energia em trânsito entre corpos de temperaturas diferentes)[1]. Eventualmente, as temperaturas dos dois corpos irão igualar-se, um tornando-se mais quente e o outro mais frio, até atingirem uma temperatura de equilíbrio, como em nossos exemplos anteriores.

Diz-se que estão em **contato térmico** os corpos que podem trocar energia uns com os outros desta maneira.

[1] A discussão acerca da natureza e dos mecanismos de propagação do calor será feita na terceira sequência de ensino (SEI N° 03).

O equilíbrio térmico é a situação em que dois corpos em contato térmico deixam de efetuar troca de energia. Dois corpos em equilíbrio térmico entre si estão na mesma temperatura

Considere dois corpos A e B que não estão em contato térmico e um terceiro corpo C que será nosso **termômetro** – um dispositivo calibrado para medir a temperatura de um corpo. Desejamos determinar se A e B estariam em equilíbrio térmico se fossem colocados em contato térmico. O termômetro é colocado primeiramente em contato térmico com A e sua leitura é registrada. O termômetro é então colocado em contato com B e sua leitura é registrada. Se as duas leituras forem as mesmas, então A e B são ditos em equilíbrio térmico um com o outro. Se forem colocados em contato um com o outro, não haverá nenhuma transferência de energia entre eles.

Podemos resumir esses resultados em um enunciado conhecido como **Lei Zero da Termodinâmica** (a lei do equilíbrio térmico):

Se os corpos A e B estiverem separadamente em equilíbrio térmico com um terceiro corpo C, então A e B estão em equilíbrio térmico entre si.

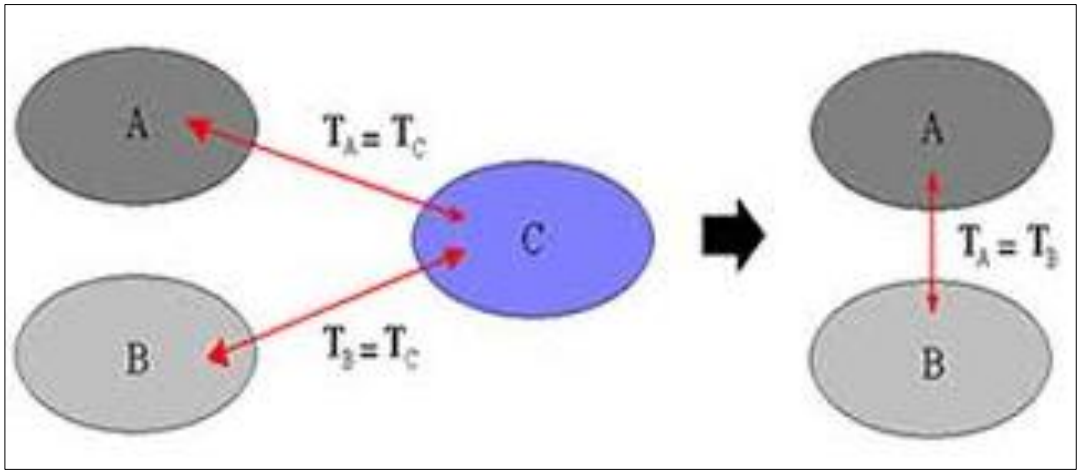


Figura 1.5. Representação da Lei Zero da Termodinâmica.
Fonte: http://www.alunosonline.com.br/fisica/lei-zero-termodinamica.html

Essa afirmação, elementar como pode parecer, é facilmente comprovada experimentalmente e é muito importante porque pode ser utilizada para definir se um corpo está em equilíbrio térmico com outros corpos**.**

ATIVIDADE INVESTIGATIVA III

1. É possível para dois objetos estarem em equilíbrio térmico sem que eles estejam em contato entre si?
2. Um pedaço de cobre é solto dentro de um beaker contendo água. Se a temperatura da água sobe, o que acontece à temperatura do cobre? Sob que condição a água e o cobre estarão em equilíbrio térmico?
3. "Uma mãe leva seu filho ao hospital queixando-se de que a criança está com febre. O médico pergunta se ela verificou a febre com um termômetro e qual era o valor da temperatura da criança. A mãe responde que não havia utilizado termômetro, mas havia percebido a febre devido o corpo da criança estar muito quente. O médico pede para que uma enfermeira verifique a temperatura da criança com um termômetro. A enfermeira colocou um termômetro clínico embaixo do braço da criança e após certo tempo a leitura no termômetro registrou 36,5 °C. Logo, a criança não estava com febre.".

Justifique a situação descrita acima fazendo uso dos conceitos de temperatura, equilíbrio térmico e Lei Zero da Termodinâmica estudados anteriormente.

1.7 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE - CTSA I

O texto a seguir discute a influência da temperatura na camuflagem natural do camaleão (*iguana iguana*), uma das 40 espécies de lagartos encontrados na Caatinga. Aborda, numa linguagem simples, a fantástica singularidade do camaleão de mudar sua cor em curiosas transformações sob a influência de alguns aspectos, inclusive a variação de temperatura e procura também salientar as consequências ocasionadas pela destruição do habitat natural destes animais. Sugere-se também provocar os alunos a citarem outras condições em que a temperatura é aspecto de extrema importância na Caatinga.

Orienta-se que seja feita em duplas ou em pequenos grupos, a leitura do texto e em seguida a resolução da atividade de compreensão que deverá ser socializada por meio de discussões orientadas pelo professor.

MESTRES DOS DISFARCES?

Compilado[7,8] *pela autora*

Figura 1.6. Camaleão (Iguana iguana).
Fonte: Guia do Meio Ambiente - Litoral de Alagoas. Disponível em: http://www.frigoletto.com.br

A Caatinga é o bioma típico do Nordeste brasileiro, bastante diversificado em sua fauna e flora. Dentre as mais de 1000 espécies que constituem sua fauna, 40 são de lagartos. Dentre estes, merece destaque o camaleão *(Iguana iguana)*, um dos maiores e mais belos lagartos da Caatinga.

Além da Caatinga, o camaleão também pode ser encontrado em diversos lugares do mundo, das Savanas aos desertos. Eles não consomem muita água, bastando-lhes a que encontram nas próprias plantas que come, além de suportarem grandes variações de temperatura interna.

Vamos tratar de uma fantástica singularidade do camaleão: o fato de mudar sua cor, uma camuflagem natural. O animal o faz de acordo com a intensidade de luz, seu estado de saúde ou emocional e temperatura — além do lugar onde se encontra [7]. Contrariamente ao mito, a maioria das mudanças de cor o torna mais visível. A habilidade de mudar de cores dramaticamente evoluiu como estratégia de facilitar a comunicação e a socialização, e não a camuflagem. Junto com o aumento da luminosidade, o acasalamento e a defesa do território provocam as mais dramáticas transformações.

Eles revelam ao ar livre sua verdadeira personalidade. Já aos primemos raios de sol da manhã, arqueiam-se de lado para captar a luz, achatando o corpo e esticando a garganta para criar a maior superfície possível exposta. A face do corpo voltada para o sol torna-se quase negra para absorver os raios, enquanto a outra face permanece verde. Se um mero graveto interpõe-se entre a pele e o sol, a interferência é registrada na pele à sombra, que recupera,

naquele ponto, o verde original. Ao término de alguns minutos, aquecidos e recarregados, recobram a cor normal e voltam para a sua faina de caça aos insetos. [7]

Às vezes, como com uma mudança lenta na temperatura, a troca de cor também ocorre mais lentamente. Por exemplo, quando o sol está nascendo depois de uma noite fria, as células cromatóforas de um camaleão normalmente castanho claro se expandem, fazendo sua pele assumir uma densa cor chocolate escuro, o que ajuda a absorver luz e esquentar o corpo do lagarto. Por outro lado, se o réptil se torna muito quente após "cozinhar" ao sol da tarde, as cromatóforas escuras se contraem, diminuindo a pigmentação marrom e permitindo que a pele mais leve e bronzeada do camaleão possa refletir os raios do sol. [8]

Eles vivem por pouco tempo em cativeiro, pois na ausência de sol, desenvolvem raquitismo. Para sobreviver, necessitam de grandes variações de temperatura durante o dia. Quando coletados no meio selvagem, são frequentemente arrancados dos galhos; como eles se agarram firmemente, seus ossos se partem. É comum chegarem à loja de animais de estimação meio mortos de desnutrição e tão estressados, que são incapazes de resistir aos parasitas. Poucas semanas depois, morrem nas mãos de seus donos ilegais. [7]

Muitos camaleões têm um habitat exclusivo. Quando destruímos um determinado habitat, podemos eliminar certas espécies. Alguns camaleões se adaptam à perda do habitat, mas a maioria não. Mas a verdadeira tragédia, é que essas espécies podem desaparecer antes mesmo que tenhamos a chance de identificá-las— ou de compreendê-las. [7]

ATIVIDADE INVESTIGATIVA IV

Neste tópico pode-se optar por pedir produção escrita dos alunos contendo as respostas ou promover apenas a discussão em sala.

1. Em que aspectos a temperatura influencia na camuflagem natural do camaleão e na sua sobrevivência?

2. Você pode citar outras condições em que a temperatura é aspecto de extrema importância para a vida na Caatinga?

1.8 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE – CTSA II

O texto a seguir baseia-se no relatório do Núcleo de Assuntos Estratégicos (NAE) do ano de 2005. Aborda a influência da temperatura na crise hídrica no Semiárido do Nordeste brasileiro. Em um cenário onde a seca é um problema crônico e um obstáculo ao desenvolvimento social e econômico, discute-se a implementação de sistemas de armazenamento de água e os efeitos da evotranspiração na região.

Orienta-se que seja feita em duplas ou em pequenos grupos, a leitura do texto e em seguida a resolução da atividade de compreensão que deverá ser socializada por meio de discussões orientadas pelo professor.

AS IMPLICAÇÕES DA TEMPERATURA NA REGIÃO DO SEMIÁRIDO DO NORDESTE BRASILEIRO

Compilado pela autora a partir de Suassuna (2002)[9] e Marengo (2008)[10]

Figura 1.7: Solo do Semiárido
Fonte: http://www.educacao.cc/geografia/clima-do-brasil-tropical-equatorial-arido-e-subtropical/

O Semiárido Nordestino de clima quente e seco, considerado como a região seca mais populosa do mundo, é fundamentalmente caracterizado pela ocorrência do bioma da caatinga. Trata-se de bioma único e que dá identidade à região, com fauna e flora próprias e em na maioria das suas espécies ausentes noutros biomas no planeta. Atividades como: (i) a formação e intensificação de pastagens artificiais para a pecuária; (ii) as grandes extensões com culturas de algodão; ambos sem preocupação com o manejo ou com a preservação do local, intensificaram exageradamente o uso do solo ao substituir grandes áreas do bioma nativo por verdadeiros

agroecossistemas. E mais: (iii) o aumento significativo da densidade populacional, que afeta crucialmente a infraestrutura urbana.

Uma região em que a irregularidade das chuvas é um obstáculo constante ao desenvolvimento econômico e social, sistemas eficientes para o armazenamento da água tornam-se condições necessárias para a fixação do homem no semiárido nordestino. Diante disso, otimizar a utilização da água existente passou a ser uma grande preocupação da sociedade e organismos do governo ao longo dos anos. Foi neste contexto que o governo federal empreendeu o Programa de Grande Açudagem. A construção dos primeiros reservatórios hídricos no Semiárido Nordestino data do final do século XIX, com a construção do açude do Cedro em Quixadá/CE e após a seca de 1930/32, foram construídos os reservatórios de Estreito da Ema, Feiticeiro, Choró, General Sampaio, Jaibara, Orós e Lima Campos no Ceará; Riacho dos Cavalos, Pilões, Santa Luzia, São Gonçalo, Condado, Soledade e Coremas na Paraíba; Lucrecia, Ithans, Inharé e Pau dos Ferros no Rio Grande do Norte. O empreendimento envolvia para o manejo de grandes massas de água represada, a instalação dos perímetros irrigados. Atualmente são mais de 50 perímetros irrigados e mais de 300 açudes públicos.

A Região Nordeste caracteriza-se naturalmente como de alto potencial para evaporação da água, em função da enorme disponibilidade de energia solar e altas temperaturas. A proximidade da linha do Equador é um fator natural que tem influência marcante nas características climáticas do Nordeste. As baixas latitudes condicionam à região temperaturas elevadas, número também elevado de horas de sol por ano e índices acentuados de evapotranspiração, devido à incidência perpendicular dos raios solares sobre a superfície do solo.

Se confirmados os aumentos de temperatura associados à mudança de clima decorrente do aquecimento global, independente do que possa vir a ocorrer com as chuvas, já seriam suficientes para causar maior evaporação dos lagos, açudes e reservatórios e maior demanda evaporativa das plantas. Isto é, a não ser que haja aumento no volume de chuvas, a água se tornará um bem mais escasso, com sérias consequências para a sustentabilidade do desenvolvimento regional.

O Nordeste é a região brasileira mais vulnerável ao aquecimento global. Uma das projeções, levando em conta o cenário mais crítico e o modelo mais rigoroso, aponta para a desertificação do semiárido nordestino até o fim do século XXI. A curta estação chuvosa presente hoje pode desaparecer. Se o problema se confirmar, será impossível praticar agricultura na região sem o uso de irrigação e o acesso à água será muito dificultado.

Assim, os habitantes do semiárido poderiam enfrentar o problema, e de adaptar aprendendo a conviver com os impactos das mudanças climáticas e empreendendo ações de adaptação e mitigação (redução dos impactos). Iniciativas como construção de cisternas e carros-pipa podem resolver o problema de uma seca de meses ou poucos anos, mas não resolveriam uma seca mais prolongada. Precisa-se de políticas ambientais de longo prazo, assim como um programa de educação ambiental que podem ajudar a população a entender o problema de mudanças de clima e os seus impactos.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA V

Neste tópico pode-se optar por pedir produção escrita dos alunos contendo as respostas ou promover apenas a discussão em sala.

1. Cite pelo menos uma atividade implementada sem o devido planejamento no Semiárido Nordestino, que causa perdas e danos à ecologia local.

2. O Programa de Grande Açudagem foi uma medida relevante para o Semiárido Nordestino. Do que consistiu? E Por que ele não resolveu o problema da crise hídrica?

3. Por que uma região localizada nas proximidades da linha do equador recebem a radiação solar de forma praticamente perpendicular e por que isto acarreta intensificação no processo de evapotranspiração dos espelhos d'água na superfície?

4. Quais as consequências para a região do Semiárido Nordestino de uma confirmação sobre as hipóteses de efetivação do aquecimento global?

5. O que pode ser feito para reduzir os impactos dos efeitos de um provável aquecimento global sobre a região do Semiárido Nordestino?

1.9 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO - II

TERMÔMETROS

Adaptado pela autora a partir de Serway (2006)[4]

Em nossa discussão da Lei Zero da Termodinâmica, mencionamos o termômetro. Os termômetros são dispositivos utilizados para medir a temperatura de um corpo ou de um sistema com o qual o termômetro está em equilíbrio térmico. Todos os termômetros empregam alguma propriedade física que exibe uma mudança com a temperatura que pode ser calibrada para fazer a temperatura mensurável. Algumas propriedades físicas usadas são: (1) o volume de um fluido, (2) o comprimento de um sólido, (3) a pressão de um gás mantido em volume constante, (4) o volume de um gás mantido em pressão constante, (5) a resistência elétrica de um condutor, (6) a cor de um corpo quente e outras.

Um termômetro comum de uso diário consiste em um fluido – geralmente mercúrio ou álcool – que se expande em um tubo capilar (diâmetro pequeno) de vidro quando sua temperatura aumenta. Nesse caso a propriedade física que muda é o volume de um fluido. Como a área da seção transversal do tubo capilar é uniforme, a mudança no volume do líquido varia linearmente (proporcionalmente) com seu comprimento ao longo do tubo. Podemos então definir uma temperatura como estando relacionada ao comprimento da coluna do fluido, medido em uma escala subjacente. O termômetro pode ser calibrado se colocado em contato térmico com alguns sistemas que permaneçam com a temperatura constante e marcando-se a posição da extremidade superior da coluna de fluido no termômetro. Uma vez que marcamos as extremidades da coluna de fluido para os sistemas de nossa escolha em nosso termômetro, precisamos definir uma escala de números associadas às várias temperaturas. Uma escala com essas escolhas é a escala Celsius de temperatura (Figura 1.8).

Na escala Celsius, a temperatura da mistura de água e gelo é definida como zero grau Celsius, escrito 0 ºC; esta temperatura é chamada de ponto de fusão do gelo ou ponto de congelamento da água. Outro sistema geralmente utilizado é uma mistura de água e vapor em equilíbrio térmico na pressão atmosférica Na escala Celsius esta temperatura é definida como 100 ºC, o ponto de vapor ou ponto de ebulição da água. Uma vez que as extremidades da coluna

de fluido no termômetro foram marcadas nestes dois pontos, a distância ente as marcas é dividida em 100 partes iguais, cada uma denotando uma mudança na temperatura equivalente a um grau Celsius.

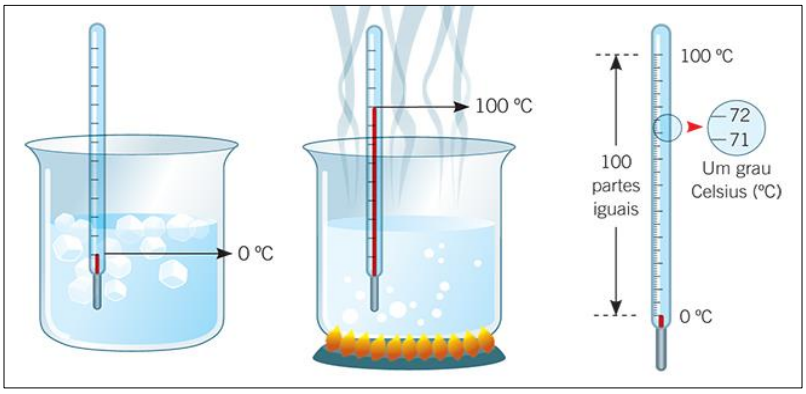


Figura 1.8: Graduação de um termômetro na escala Celsius.
Fonte: http://multimedia.santillana.pt/demos2015/FIS10/89/resources/fig7.jpg

1.10 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE - CTSA III

Na sequência, a discussão acerca dos instrumentos de medição de temperatura leva-nos aos textos compilados na sessão *Debates e decisões sobre o uso do termômetro de mercúrio*. A sessão é constituída de quatro textos retirados de sites da internet e apresentam debates e decisões acerca da proibição do uso de termômetros de mercúrio tanto no cenário nacional quanto um exemplo do cenário internacional.

Os alunos são orientados a ler os textos em sala de aula – organizados em duplas ou em pequenos grupos. Em seguida, o professor promove uma discussão em sala acerca da temática abordada e orienta uma pesquisa bibliográfica para a resolução das questões propostas logo após esta sessão.

Nesta atividade, os alunos poderão se basear nos textos desta sessão; em informações do Ministério do Meio Ambiente (MMA) referentes à segurança química no uso do mercúrio; nas Portarias nº 441 e nº 442 do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (IMETRO) que proíbem o uso do mercúrio nos termômetros; e as considerações do Programa Saúde sem dono que apresenta alternativas ao mercúrio. Os resultados deverão ser discutidos na aula seguinte.

DEBATES E DECISÕES SOBRE O USO DOS TERMÔMETROS DE MERCÚRIO

UE dá adeus ao termômetro de mercúrio

Blog Sérgio Rezende (2007) [11]

A inocente brincadeira de caçar bolinhas de mercúrio que haviam saído do tubo de termômetro quebrado está proibida de repetir-se na Europa. A União Europeia deu sua palavra final nesta semana proibindo a fabricação de termômetros que utilizem esse metal, nocivo à saúde e ao meio ambiente. O Parlamento Europeu tolera, no entanto, os termômetros de mais de 50 anos por considerá-los bens culturais, e os países da UE dispõem de 18 meses para retirá-los do mercado.

A proibição faz parte de uma estratégia da União Europeia para acabar com o uso industrial desse metal pesado. Antes mesmo de serem verificados seus efeitos tóxicos, os cientistas já tinham comprovado as evidências de que o envenenamento por mercúrio produz danos neurológicos permanentes.

A demanda mundial de mercúrio gira em torno de 3.600 toneladas por ano, sendo 300 destinadas à União Europeia. Dados da Eurocâmara mostram que 90% é voltada para termômetros médicos e domésticos, e 33 toneladas se destinam à fabricação de materiais médicos.

No dia 16 de junho de 2007, o Parlamento Europeu havia aprovado outra diretriz que proíbe a exportação para países de terceiro mundo, e seu objetivo é instalar um armazém de resíduos na cidade de Almadén, na Espanha, onde existe a maior mina de mercúrio do mundo. Recentemente o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) assegurou que o uso do mercúrio não está sendo reduzido. Mesmo reconhecendo que houve uma diminuição do uso do metal nos países industrializados, ele teve um aumento nos países em desenvolvimento.

As organizações que lutam pela preservação do meio-ambiente não acreditam que as fabricantes europeias de cloro para a produção de plásticos vão cumprir a determinação de substituir, antes de outubro, a tecnologia de células de mercúrio por outros sistemas mais modernos e mais caros. Há anos o Japão está implantando tecnologias mais limpas, desde o acidente na Baía de Minamata, na década de 50, um dos maiores desastres ambientais da história, quando o derramamento de toneladas de mercúrio causou a morte de mais de mil pessoas.

Disponível em: http://www.sidneyrezende.com/noticia/6114+ue+da+adeus+ao+termometro+de+mercurio

Santa Catarina proíbe uso de termômetros de mercúrio: Redes de farmácias e hospitais têm doze meses para se enquadrar a lei

R7 Notícias (2010)[12]

Santa Catarina é o primeiro Estado brasileiro a proibir o uso do termômetro de mercúrio. O instrumento é utilizado em todo o país para medir a temperatura das pessoas quando elas estão com suspeita de febre. O objetivo da proibição é evitar a intoxicação pela quebra do instrumento. A comercialização e utilização desse tipo de termômetro está proibida em hospitais e farmácias. O Estado tem dois meses para regulamentar a lei e as redes de farmácias e hospitais têm doze meses para substituir o instrumento. Depois disso, as empresas irão sofrer multa.

Disponível em: http://noticias.r7.com/saude/noticias/santa-catarina-proibe-uso-de-termometros-de-mercurio-20100903.html

CRF-SP discorda de proibição de termômetro de Mercúrio

Jornal da Manhã (2010)[13]

O CRF-SP (Conselho Regional de Farmácia do Estado de São Paulo) discorda da decisão do governo estadual de Santa Catarina de proibir o uso do termômetro convencional na rede hospitalar e farmacêutica. O órgão reconhece a alta toxidade do mercúrio, que compõe o instrumento, mas não acredita em impacto positivo pela sua abolição. O diretor do CRF, Pedro Menegasso, esteve em Marília na última quinta-feira e mencionou que "existem situações que merecem mais atenção do conselho". No estado de São Paulo não se fala da proibição do termômetro analógico, mas o digital vem ganhando destaque pela praticidade. Ele informa a temperatura quase que imediatamente, sendo mais prático, em especial em se tratando de crianças, que ficam impacientes e se mexem muito.

Menegasso aprova a utilização do termômetro digital, mas fez uma ressalva com relação à sua procedência. "Assim como todos os demais produtos digitais em substituição aos analógicos, como o equipamento de aferir a pressão arterial, por exemplo, existem marcas de boa procedência e outras não confiáveis".

Disponível em: http://www.jornaldamanhamarilia.com.br/noticia/4870/CRF-SP-discorda-de-proibicao-de-termometro/

Estado de São Paulo aprova lei que proíbe instrumentos de medição contendo mercúrio

Hospitais Saudáveis (2014)[14]

O estado de São Paulo, está em vigor desde o dia 15 de janeiro de 2014 a Lei Nº 15.313/2014, que proíbe o uso, o armazenamento e o reparo de instrumentos contendo mercúrio, tais como esfigmomanômetros e termômetros no Estado de São Paulo.

O banimento do mercúrio é objeto da campanha mundial, iniciada em 2008 por Saúde Sem Dano e a Organização Mundial da Saúde, que trabalham juntos na Iniciativa Global Saúde Sem Mercúrio. A proposta da campanha é ter uma assistência à saúde livre de mercúrio, apoiando a implantação de alternativas precisas, seguras e viáveis em todo o mundo. No Brasil, essa campanha é conduzida pelo Projeto Hospitais Saudáveis que, desde 2009, já realizou diversos eventos regionais e mobilizou dezenas de unidades de saúde em todo o Brasil.

Em outubro de 2013, os governos de mais de 140 países, incluindo o Brasil, aprovaram no Japão o Tratado de Minamata que regula o uso do mercúrio. O objetivo do acordo é reduzir e controlar as emissões de mercúrio em nível mundial, assim como a produção e o uso deste metal, sobretudo em processos industriais. A convenção prevê que até 2020 os dispositivos de saúde que usam mercúrio sejam totalmente banidos nos países signatários.

Como resultado de diversas campanhas e esforços de conscientização, a maioria dos hospitais no estado de São Paulo já não usa mais termômetros com mercúrio. Na mesma linha, os esfigmomanômetros também vêm sendo substituídos por tecnologias sem mercúrio nos últimos anos. No entanto, a recente lei sobre o tema é de grande importância para a eliminação definitiva desse problema, inclusive nas unidades de saúde de menor porte e em outros setores como escolas, presídios, etc. Espera-se que mesmo a população em geral deixe de usar termômetros clínicos com mercúrio e que também se eliminem os termômetros de ambiente e de laboratórios, entre outras aplicações passíveis de substituição pela tecnologia digital.

Além dos efeitos em São Paulo, outra grande contribuição desta lei é o exemplo que representa para os demais estados brasileiros, motivando-os a adotar medidas similares, assim como para o governo federal, ao qual cabe a proibição definitiva dos dispositivos com mercúrio, necessário ao efetivo cumprimento do Tratado de Minamata.

Sabemos, porém que os dispositivos com mercúrio só serão definitivamente eliminados com a proibição da sua importação e venda; aspecto da competência federal que não chegou a ser regulado pela lei paulista que proíbe apenas o seu uso, o armazenamento e o reparo.

A mesma lei estabelece ainda o prazo de dois anos para substituição completa e que os dispositivos com mercúrio retirados de uso devem ser destinados às unidades ambientalmente licenciadas, ficando proibido seu repasse para outros estabelecimentos ou para qualquer uso.

Como vemos, há muito que comemorar, mas há ainda muito mais a ser feito para que os objetivos desta lei se tornem realidade e que se estendam para todo o país, fazendo com que dispositivos com mercúrio deixem de representar um risco para a saúde pública e o meio ambiente no Brasil.

Disponível em: http://www.hospitaissaudaveis.org/noticias_ler.asp?na_codigo=36

ATIVIDADE INVESTIGATIVA VI

A discussão da pesquisa contemplará os danos neurológicos que podem ser causados pela inalação de vapores de mercúrio, o "efeito cumulativo" da absorção de mercúrio pelo corpo humano, bem como os materiais que podem substituir o mercúrio na fabricação de termômetros. O aparato tecnológico que integra o cotidiano é também tema de reflexão e tomadas de atitudes coerentes com a preservação do meio ambiente e com a garantia do bem-estar social.

1. Pesquise e relacione os danos neurológicos que podem ser causados pela inalação de vapores de mercúrio.

2. Descreva o chamado "efeito cumulativo" da absorção de mercúrio pelo corpo humano.

3. Que outras substâncias podem substituir o mercúrio na fabricação de termômetros?

Links indicados para pesquisa:

http://www.mma.gov.br/seguranca-quimica/mercurio

http://www.protecao.com.br/_system/scripts/download.php?file=upload/protecao_galeriaarquivo/537.doc

http://www.protecao.com.br/_system/scripts/download.php?file=upload/protecao_galeriaarquivo/538.doc

1.11 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO - III

Explanação do conteúdo pelo professor, com demonstrações matemáticas na lousa. Neste momento serão abordadas as escalas de temperatura Celsius, Fahrenheit e Kelvin, bem como as conversões entre elas.

A questão abaixo promoverá discussão conceitual acerca das diferentes escalas utilizadas no mundo.

ESCALAS TERMOMÉTRICAS

ATIVIDADE INVESTIGATIVA – VII

Questão aberta

Suponha que você estivesse em um ambiente, uma sala fechada, por exemplo, onde a temperatura fosse de 50 graus. Em sua opinião, esta seria uma temperatura alta ou baixa?

ESCALAS CELSIUS E FAHRENHEIT

Adaptado de Guimarães et al (2013)[15]

A escala de temperatura adotada pela maioria dos países é a escala Celsius, elaborada em 1742, pelo físico e astrônomo sueco Anders Celsius (1701 – 1744). Essa escala considera para o ponto de fusão do gelo o valor 0, e para o ponto de ebulição da água sob pressão normal (pressão atmosférica) o valor 100. O intervalo obtido entre os dois pontos fixos é dividido em cem partes iguais e cada parte corresponde à unidade da escala, denominada grau Celsius (°C).

Figura 1.9: Anders Celsius
Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Anders_Celsius

A escala Fahrenheit foi construída em 1727, pelo físico e engenheiro alemão Daniel Gabriel Fahrenheit (1686 – 1736). Diferentemente de Celsius, ele utilizou como primeiro ponto fixo uma mistura frigorífica de água, gelo e um tipo sal e atribuiu a ela o valor 0, e ao segundo ponto fixo, a temperatura do corpo humano, ele atribuiu o valor 96.

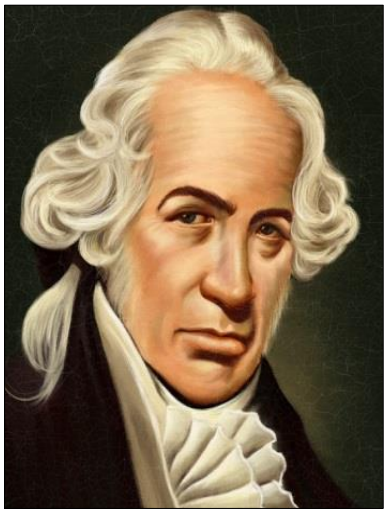


Figura 1.10: Daniel Fahrenheit
Fonte:https://ogarnijogarna.wordpress.com/

Ao projetarmos na escala Fahrenheit os pontos fixos escolhidos por Celsius (Figura 1.11) obtemos os seguintes valores: 32 para o ponto de fusão do gelo e 212 para o ponto de ebulição da água. Assim, na escala Fahrenheit o intervalo entre esses dois pontos fixos é dividido em 180 partes (212 – 32 = 180). Cada parte corresponde à unidade da escala, denominada grau Fahrenheit (°F).

Uma posição arbitrariamente escolhida da altura da coluna de mercúrio associada a uma dada temperatura é mostrada na Figura 1.8 como θ_C na escala celsius e como θ_F na escala fahrenheit.

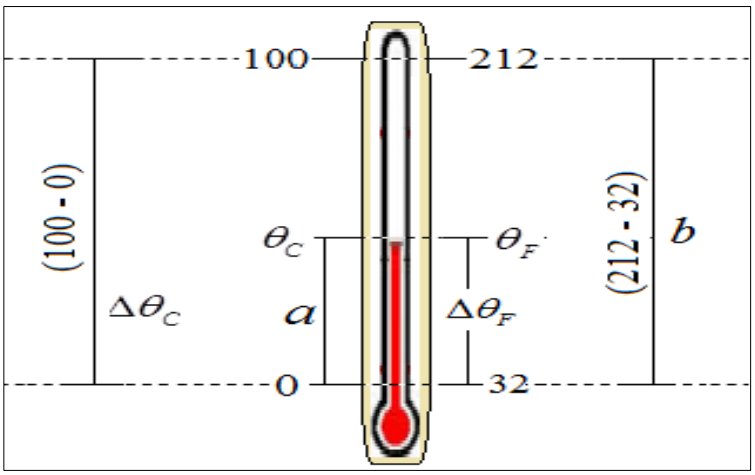


Figura 1.11. Esquema comparativo entre as escalas Celsius e Fahrenheit.
Fonte: Desenho da autora.

A conversão de temperatura entre as escalas é feita por meio da comparação dos segmentos *a* e *b* da coluna termométrica que correspondem aos mesmos estados térmicos independente das escalas utilizadas. Nas equações a seguir, $\Delta\theta_C$ equivale ao intervalo entre o

ponto de fusão do gelo e o de ebulição da água na escala celsius e $\Delta\theta_F$ equivale ao intervalo entre o ponto de fusão do gelo e uma temperatura arbitrária θ_F, na escala fahrenheit.

$$\frac{a}{b} = \frac{\Delta\theta_C}{(100-0)} = \frac{\Delta\theta_F}{(212-32)} \Longrightarrow \frac{\Delta\theta_C}{100} = \frac{\Delta\theta_F}{180}$$

Da relação acima, temos: $\frac{\Delta\theta_C}{5} = \frac{\Delta\theta_F}{9}$ (Eq. 1).

Como: $\Delta\theta_C = \theta_C - 0$ e $\Delta\theta_F = \theta_F - 32$, obtemos:

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} \quad \text{(Eq. 2).}$$

A primeira expressão (Eq. 1) é utilizada quando queremos comparar somente as variações de temperatura, já a segunda expressão (Eq. 2) nos fornece diretamente a comparação entre as temperaturas propriamente ditas.

A ESCALA KELVIN DE TEMPERATURAS ABSOLUTAS

Adaptado de Guimarães at al (2013)[15]

A evolução tecnológica alcançada a partir da Revolução Industrial no começo do século XIX trouxe consigo algumas perguntas relacionadas aos processos de fundição que exigem altas temperaturas. Uma delas foi: até que ponto seria possível aquecer um corpo?

A experiência vem mostrando, cada vez mais, que não há limite para isso. Temperaturas de algumas centenas de graus Celsius, consideradas altas há 100 anos, tornam-se insignificantes diante do conhecimento de outras como, por exemplo, as de algumas dezenas de milhões de graus Celsius no interior das estrelas.

Figura 1.12: Lorde Kelvin
Fonte: https://encrypted-tbn2.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcR3cXaHf5sVDNzwxG35XiDRhIk6bZPXglt3TKdGJBSRStkkZfEXYQ

E até que ponto seria possível resfriar um corpo? Para responder a essa pergunta veremos a definição do conceito de temperatura levando em consideração a estrutura da matéria (descrição microscópica) e também a relação da temperatura com o conceito de pressão.

O físico e matemático irlandês Willian Thomson, homenageado com o título de Lorde Kelvin, estudou o comportamento dos gases. Ele verificou que todos os gases – na faixa de temperatura na qual podemos considerá-los gases ideais – se dilatam numa mesma proporção em relação ao volume inicial, quando se mantêm sob pressão constante.

Kelvin fez sua análise utilizando as escalas de temperatura disponíveis na época, como por exemplo, a escala Celsius. O gráfico (Figura 1.9) ilustra uma parte de sua análise. À medida que se aumenta a temperatura de um gás, seu volume também aumenta. Reciprocamente, à medida que se diminui a temperatura desse gás, seu volume também diminui na mesma proporção.

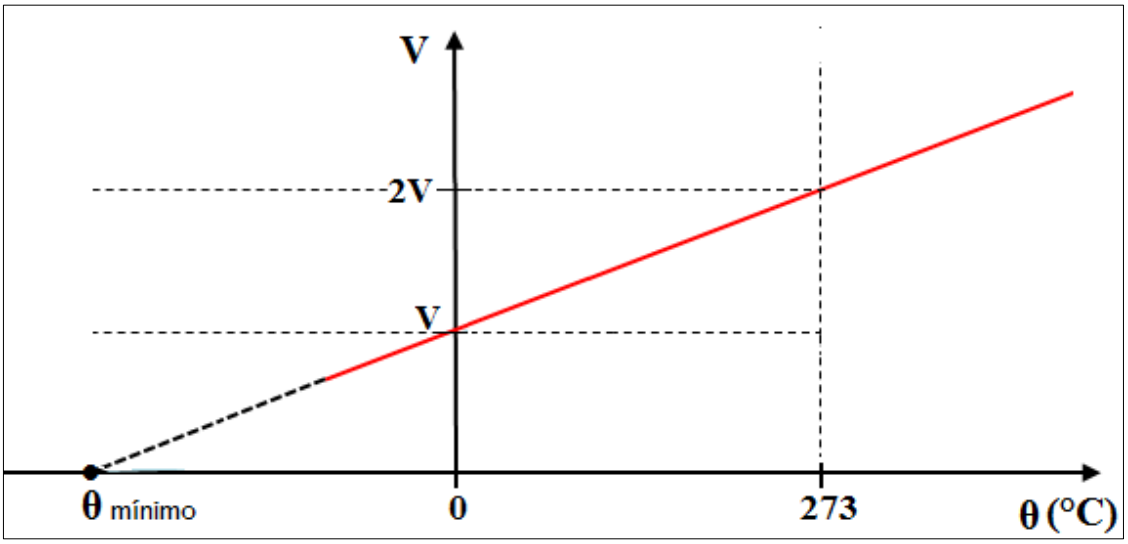


Figura 1.13. Comportamento do volume de um gás em função da temperatura sob pressão constante, onde a temperatura mínima extrapolada corresponde a volume nulo.
Fonte: Desenho da autora

Até que ponto é possível diminuir o volume de um gás? Até que ele fique nulo. Essa discussão nos leva à concepção da estrutura da matéria – em particular, dos gases – junto com o conceito de temperatura. Qualquer porção de matéria, seja sólida, líquida ou gasosa, é composta de moléculas, átomos, íons, elétrons livres que chamaremos simplesmente de partículas. A molécula representa a menor parte que conserva as mesmas propriedades químicas da matéria. Essas partículas estão em constante agitação, ou seja, elas possuem energia cinética. Considerando certa substância sob pressão constante, a agitação de suas partículas é mais intensa nos gases do que nos líquidos, e nos líquidos mais do que nos sólidos.

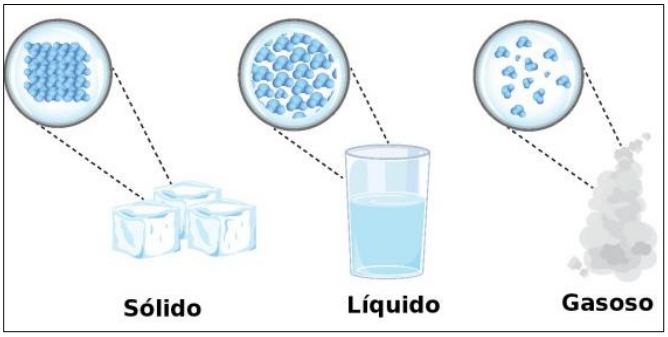


Figura 1.14. Representação esquemática da agitação das partículas nos estados físicos da matéria.
Fonte: http://www.infoescola.com/quimica/estados-fisicos-da-materia/

Para um mesmo estado físico a agitação molecular está intimamente relacionada a temperatura. Definindo temperatura nesses termos, temos que:

A **temperatura** é a medida do grau de agitação molecular de um corpo.

As medidas qualitativas de quente e frio que vimos inicialmente continuam válidas, no entanto, agora podemos definir como quente um corpo que tem suas moléculas agitando-se muito, ou seja, com alta energia cinética. Analogamente, um corpo frio, é aquele que tem baixa agitação das suas moléculas.

Uma temperatura mais alta indica uma maior agitação molecular e, portanto, maior energia cinética média. Assim, a menor temperatura possível é aquela em que a energia cinética média é nula.

Vamos retomar o gráfico (fig. 1.9) e analisar a região em que a temperatura, na escala Celsius, é negativa. O ponto em que a reta intercepta o eixo das abcissas é o ponto que corresponde a um volume *nulo*. Embora seja inatingível na prática, foi possível chegar, através de considerações teóricas e experimentais a conclusão de que o zero absoluto corresponde à temperatura de -273 °C. A esse ponto, conhecido como *zero absoluto*, que corresponde ao limite inferior de temperatura, Kelvin atribuiu o zero de sua escala, ou seja, $0K = -273°C$. Após a determinação teórica da menor temperatura possível, Kelvin determinou o tamanho do grau como o mesmo tamanho de divisão do grau da escala Celsius.

Pela própria definição, uma variação de *x* unidades na escala Kelvin corresponde a uma variação de *x* unidades na escala Celsius. Assim qualquer variação de temperatura é representada pelo mesmo valor nas duas escalas, Celsius e Kelvin (fig. 1.11). Para expressar uma temperatura em Kelvin usa-se *T*.

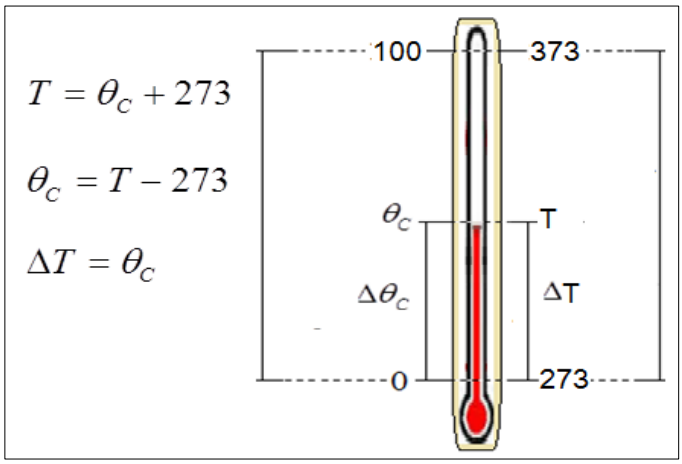


Figura 1. 15. Esquema representativo de comparação entre as escalas Celsius e Kelvin
Fonte: Desenho da autora

Para conversão entre as duas, usamos:

$$T = \theta_C + 273 \text{ (eq. 3).}$$

Agora podemos relacionar uma mesma temperatura nas três escalas estudadas, Celsius, Fahrenheit e Kelvin.

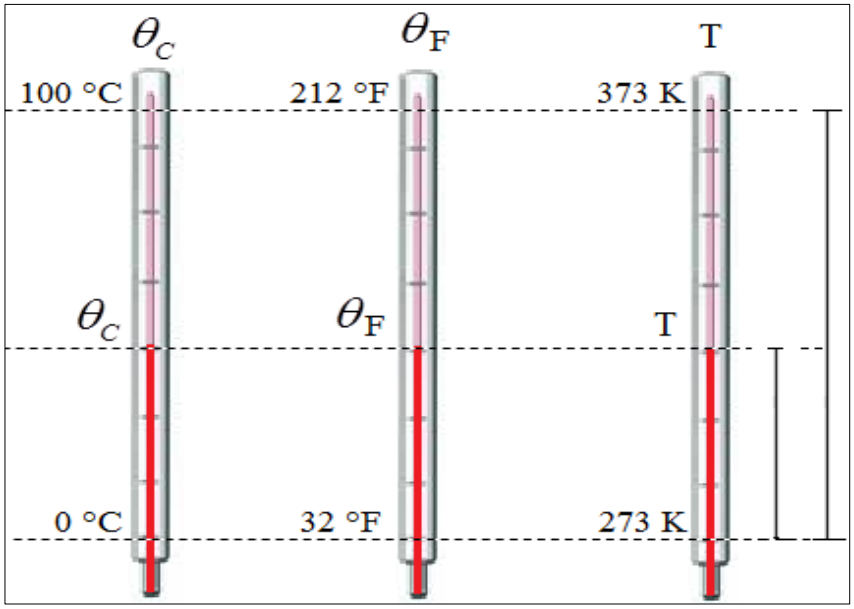


Figura 1.16: Pontos de fusão e ebulição da água sob pressão atmosférica normal para as escalas Celsius, Fahrenheit e Kelvin.
Fonte: Desenho da autora

$$\frac{\theta_C}{5} = \frac{\theta_F - 32}{9} = \frac{T - 273}{5} \quad \text{(Eq. 4)}$$

Se considerarmos apenas as variações de temperatura, temos:

$$\frac{\Delta\theta_C}{5} = \frac{\Delta\theta_F}{9} = \frac{\Delta T}{5} \quad \text{(Eq. 5)}$$

ATIVIDADE INVESTIGATIVA VIII

Os alunos devem resolver em duplas ou em grupos pequenos, um exercício acerca das escalas termométricas e conversões entre as mesmas. Orienta-se a realização em sala para que o professor possa acompanhar a desenvoltura dos alunos, integração entre os grupos, bem como orientá-los quando necessário.

Esta é uma atividade para fins avaliativos para ser respondida em sala de aula.

1. Vamos retomar a questão inicial deste tópico: *Suponha que você estivesse em um ambiente, uma sala fechada, por exemplo, onde a temperatura fosse de 50 graus. Em sua opinião, esta seria uma temperatura alta ou baixa?* Justifique sua resposta em termos das três escalas estudadas, Celsius, Fahrenheit e Kelvin.

2. (MEDEIROS, 2007). Um detalhe importante da escala Fahrenheit está relacionado ao fato de que as febres, que precisam ser controladas com medicamentos, apresentam-se em tal escala com três dígitos. Por exemplo, nos países de língua inglesa é comum enfermeiras afirmarem coisas do tipo: "*a temperatura já atingiu três dígitos, vamos dar uma medicação!*". Como você justifica o argumento utilizado pelas enfermeiras no trecho acima?

3. O estabelecimento de um conceito de temperatura baseada em considerações da estrutura microscópica da matéria foi fundamental para a indicação do zero absoluto.

Imagine a seguinte situação:

(SERWEY, 2006). Um grupo de astronautas do futuro aterrissa em um planeta habitado. Eles iniciam uma conversa com os alienígenas sobre escalas de temperatura. Os habitantes desse planeta tem uma escala de temperatura baseada em pontos de congelamento e de ebulição da

água, que são separados por 100 dos graus da escala deles. Seriam essas duas temperaturas nesse planeta as mesmas que as da Terra? O tamanho dos graus dos alienígenas seria o mesmo que o dos nossos? Suponha que os alienígenas também criaram uma escala similar à escala Kelvin. Seu zero absoluto seria o mesmo que o nosso?

1.12 AVALIAÇÃO SUGERIDA

O processo de avaliação acontecerá de forma contínua.

- Participação nas discussões: 20%
- Questões Propostas no Conteúdo I: 20%
- Atividades de CTSA I e II: 20%
- Atividades de CTSA III: 20%
- Questões Propostas no Conteúdo III: 20%

1.13 AVALIAÇÃO DA SEI N° 01

Será entregue um questionário para que os alunos respondam, individualmente, avaliando o desenvolvimento da unidade didática. Esta avaliação propiciará informações que possam servir a uma apreciação crítica do trabalho pedagógico.

Queremos Sua Opinião

Não é necessário se identificar

Caro aluno analise o desenvolvimento desta sequência de ensino expressando sua opinião acerca dos seguintes aspectos.

- Exposição do conteúdo pelo professor:
- Interação da turma com o professor e dos alunos entre si:
- Uso do experimento para melhor compreensão do conteúdo abordado:
- Uso dos textos complementares:
- Resolução dos exercícios:

1.14 ATENDIMENTO AOS DOCUMENTOS OFICIAIS

DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA O ENSINO MÉDIO[16]

Art. 5°

II - trabalho e pesquisa como princípios educativos e pedagógicos, respectivamente;

VI- integração de conhecimentos gerais e, quando for o caso, técnico-profissionais realizada na perspectiva da interdisciplinaridade e da contextualização.

Art. 8o

§ 2o A organização por áreas de conhecimento não dilui nem exclui componentes curriculares com especificidades e saberes próprios construídos e sistematizados, mas implica no fortalecimento das relações entre eles e a sua contextualização para apreensão e intervenção na realidade, requerendo planejamento e execução conjugados e cooperativos dos seus professores.

Art. 12.

O currículo do Ensino Médio deve:

I - garantir ações que promovam:

c) a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania;

II - adotar metodologias de ensino e de avaliação de aprendizagem que estimulem a iniciativa dos estudantes;

III - organizar os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação de tal forma que ao final do Ensino Médio o estudante demonstre:

a) domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna;

b) conhecimento das formas contemporâneas de linguagem.

Art. 14.

IX - os componentes curriculares devem propiciar a apropriação de conceitos e categorias básicas, e não o acúmulo de informações e conhecimentos, estabelecendo um conjunto necessário de saberes integrados e significativos.

XIII - a interdisciplinaridade e a contextualização devem assegurar a transversalidade do conhecimento de diferentes componentes curriculares, propiciando a interlocução entre os saberes e os diferentes campos do conhecimento.

PCN+ - ENSINO MÉDIO[17]

- As competências gerais no aprendizado das Ciências da Natureza e da Matemática

Respeitando a diversidade das ciências, conduzir o ensino dando realidade e unidade é compreender que muitos aprendizados científicos devem ser promovidos em comum, ou de forma convergente, pela Biologia, pela Física, pela Química e pela Matemática, a um só tempo reforçando o sentido de cada uma dessas disciplinas e propiciando ao aluno a elaboração de abstrações mais amplas.

- Linguagens partilhadas pelas Ciências

Análise e interpretação de textos e outras comunicações.

Consultar, analisar e interpretar textos e comunicações de ciência e tecnologia veiculados por diferentes meios.

Elaboração de comunicações.

Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências.

Discussão e argumentação de temas de interesse.

Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia.

Relações entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e interáreas.

Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.

- Da contextualização no ensino das ciências

Ciência e tecnologia na história: Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social.

Ciência e tecnologia na cultura contemporânea: Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea.

Ciência e tecnologia na atualidade: Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social.

Ciência e tecnologia, ética e cidadania: Reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania

- As competências em Física

Acompanhar o noticiário relativo à ciência em jornais, revistas e notícias veiculadas pela mídia, identificando a questão em discussão e interpretando, com objetividade, seus significados e implicações para participar do que se passa à sua volta.

Compreender e emitir juízos próprios sobre notícias com temas relativos à ciência e tecnologia, veiculadas pelas diferentes mídias, de forma analítica e crítica, posicionando-se com argumentação clara.

Fazer uso de formas e instrumentos de medida apropriados para estabelecer comparações quantitativas.

Compreender a necessidade de fazer uso de escalas apropriadas para ser capaz de construir gráficos ou representações.

Compreender o desenvolvimento histórico da tecnologia, nos mais diversos campos, e suas consequências para o cotidiano e as relações sociais de cada época, identificando como seus avanços foram modificando as condições de vida e criando novas necessidades.

Acompanhar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo.

Compreender a responsabilidade social que decorre da aquisição de conhecimento.

Reconhecer, em situações concretas, a relação entre Física e ética.

MATRIZ DE REFERÊNCIA PARA O ENEM 2009[18]

- Matriz de referência de Matemática e suas Tecnologias .

Competência de área 3 - Construir noções de grandezas e medidas para a compreensão da realidade e a solução de problemas do cotidiano.

H11 - Utilizar a noção de escalas na leitura de representação de situação do cotidiano.

H12 - Resolver situação-problema que envolva medidas de grandezas.

H13 - Avaliar o resultado de uma medição na construção de um argumento consistente.

Competência de área 4 - Construir noções de variação de grandezas para a compreensão da realidade e a solução de problemas do cotidiano.

H15 - Identificar a relação de dependência entre grandezas.

H16 - Resolver situação-problema envolvendo a variação de grandezas, direta ou inversamente proporcionais.

H17 - Analisar informações envolvendo a variação de grandezas como recurso para a construção de argumentação.

Competência de área 6 - Interpretar informações de natureza científica e social obtidas da leitura de gráficos e tabelas, realizando previsão de tendência, extrapolação, interpolação e interpretação.

H26 - Analisar informações expressas em gráficos ou tabelas como recurso para a construção de argumentos.

- Matriz de referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

H2 – Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro, com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.

H4 – Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.

Competência de área 4 – Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

H13 – Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

1.14 REFERÊNCIAS

[1] MEDEIROS, Alexandre. A Termometria: de Galileu a Fahrenheit. Recife: Editora Liber, 1999. O Desenvolvimento Histórico Da Escala Fahrenheit e o Imaginário de Professores e de Estudantes de Física. Cad. Bras. Ens. Fís., V. 24, N. 2: P. 155-173, Ago. 2007.

[2] MEDEIROS, Alexandre. Os Primórdios da Ideia de Temperatura. Out. 2011. BLOG Física e Astronomia. Disponível em: <http://alexandremedeirosfisicaastronomia.blogspot.com/2011/10/os-primordios-da-ideia-de-temperatura.html>. Acessado em 08 de Outubro de 2014

[3] GRATON, Marco A.; CASSIOLATO, César. Medição da Temperatura. 2011. Disponível em: < http://www.profibus.org.br/files/artigos/Medicao%20de%20Temperatura.pdf>. Acesso em 09 out. 2014.

[4] SERWAY, Raymond A. Princípios de Física: movimento ondulatório e termodinâmica. Raymond A. Serway, John W. Jewett, Jr.; tradução Leonardo Freire de Melo, Tânia M. V. Freire de Melo. Revisão técnica André Koch Torres Assis. São Paulo. 2006

[5] FERREIRA, G.F. Leal. Considerações sobre o conceito de temperatura e de temperatura absoluta. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 1, p. 125 - 128, (2006)

[6] PIRES, Denise Prazeres Lopes. AFONSO, Júlio Carlos. CHAVES Francisco Artur Braun. A termometria nos séculos XIX e XX. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 28, n. 1, p. 101 - 114, (2006).

[7] SUPER INTERESSANTE. Camaleões, mestres do disfarce. Número 5, ano 7. Edição 37. Outubro de 1990. Disponível em: http://super.abril.com.br/ciencia/camaleoes-mestres-do-disfarce. Último acesso em: 15 de Mai. 2016.

[8] HYPESCIENCE. Camaleões não mudam de cor apenas para se esconder. Disponível em: http://hypescience.com/camaleoes-nao-mudam-de-cor-apenas-para-se-esconder/. Último acesso em 15 de Mai. 2016.

[9] SUASSUNA, João. Semiárido: proposta de convivência com a seca. Fundação Joaquim Nabuco. Recife. Fev. de 2002. Disponível em: http://www.fundaj.gov.br/index.php?option=com_content&id=659&Itemid=376. Último acesso em: 04 de jul. de 2015

[10] MARENGO, Jose A. Vulnerabilidade, impactos e adaptação à mudança do clima no semiárido do Brasil. Parcerias Estratégicas. Brasília – DF. Num. 27. 2008

[11] REZENDE, Sidney. UE dá adeus ao termômetro de mercúrio. 13 jul. 2007. BLOG Sidney Rezende. Disponível em: http://www.sidneyrezende.com/noticia/6114+ue+da+adeus+ao+termometro+de+mercurio. Acesso em 09 out. 2014.

[12] PORTAL R7. Santa Catarina proíbe uso de termômetros de mercúrio. 13 set. 2010. R7 Notícias. Disponível em: <http://noticias.r7.com/saude/noticias/santa-catarina-proibe-uso-de-termometros-de-mercurio-20100903.html>. Acesso em 10 fev. 2015.

[13] JORNAL DA MANHÃ. CRF-SP discorda de proibição de termômetro. 11 set. 2010. Jornal da Manhã. Disponível em: <http://www.jornaldamanhamarilia.com.br/noticia/4870/CRF-SP-discorda-de-proibicao-de-termometro/>. Acesso em 10 fev. 2015.

[14] HOSPITAIS SAUDÁVEIS. Estado de São Paulo aprova lei que proíbe instrumentos de medição contendo mercúrio. Hospitais Saudáveis. 2014. Disponível em: <http://www.hospitaissaudaveis.org/noticias_ler.asp?na_codigo=36>. Acesso em: 12 fev. 2015.

[15] GUIMARÃES, Osvaldo. Física/ Osvaldo Guimarães, José Roberto Piqueira, Wilson Carron. – 1. Ed. – São Paulo: Ática, 2013.

[16] BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio. Conselho Nacional de Educação Câmara de Educação Básica. Brasília, 2012.

[17] BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. PCN+ Ensino Médio. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2002.

[18] BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Matriz de referência para o Enem 2009. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Brasília, 2009.

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA – SEI N° 02

Variando a Temperatura, o Tamanho Aumenta ou Diminui? Fundamentos e Aplicações da Expansão Térmica

2.1 VISÃO GERAL

Esta é a segunda Sequência de Ensino Investigativa (SEI N° 02) do produto educacional **Física Térmica com Ênfases Curriculares em CTS(A) e Ensino por Investigação: guia de orientação para o professor**. A temática abordada contempla os fundamentos e aplicações do fenômeno da expansão térmica dos materiais. Sua organização contempla aspectos históricos da construção do conhecimento discutidos na etapa de identificação e discussão das concepções prévias dos educandos, na etapa de experimentação, bem como relacionados à discussão dos fundamentos da Lei do Resfriamento de Newton.

A abordagem em Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) é inserida a partir de quatro textos de apoio para discussões de múltiplos aspectos do fenômeno da expansão térmica: as aplicações da lei do Resfriamento de Newton na mudança de têmpera feita em peças de aço, no esfriamento de materiais biológicos para preservação, no resfriamento do leite cru e na perícia criminal; a discussão do uso de juntas de dilatação na construção civil, com ênfase para os equívocos ocorridos na esfera social devido à falta de conhecimento científico; a recente descoberta da NASA acerca do processo de ruptura na superfície de Caronte, lua de Plutão, diretamente relacionado com o fenômeno de dilatação estudado nesta unidade; e as explosivas liberações de dióxido de carbono ocorridas na década de 1980 no lagos Nyos, em Camarões, África.

A fundamentação do conceito de expansão térmica é feita a partir da compreensão do modelo aceito cientificamente para a constituição da matéria por partículas que se movimentam nos espaços vazios. Esta compreensão é fundamental para interpretação de diversos fenômenos cotidianos, como as mudanças de estado físico, a compressão e dilatação de gases e líquidos etc. Os fundamentos da dilatação linear, válida para qualquer corpo que tenha uma de suas dimensões bem maior do que as outras duas; da dilatação superficial válida para corpos bidimensionais, cuja terceira dimensão pode ser considerada desprezível; e dilatação volumétrica, para corpos que sofrem variação em suas três dimensões; são discutidos a partir de textos que levam à formalização matemática das relações entre os diversos tipos que constituem os corpos, suas dimensões iniciais e as variações de temperaturas a que eles são submetidos.

O tempo de aula é utilizado para: (i) contemplar a exploração e o aprimoramento das concepções espontâneas dos alunos a fim de incorporar os conceitos científicos; (ii) discutir aspectos históricos que evidenciem o processo de construção do conhecimento científico; (iii) realizar experimento pertinente; (iv) organizar os conteúdos e suas aplicações em situações que realçam as aplicações da expansão térmica em aparatos tecnológicos integrados à sociedade e nas ações em defesa do meio ambiente.

2.2 MATERIAIS E RECURSOS

- Cópia dos textos de apoio, textos complementares e demais atividades a serem empreendidas em sala de aula;
- Aparelho de Gravesande: esfera e argola metálicas;
- Vela e fósforo (ou isqueiro) para aquecer a esfera e água fria ou gelada para arrefecê-la;
- Lousa da sala e pincel marcador (ou giz);
- Projetor multimídia (opcional, para exibição de slides)

2.3 DISCIPLINAS CONTEMPLADAS

- Física: no tratamento de conteúdos conceituais específicos desta sequência de ensino.
- Matemática: na formalização matemática dos conceitos e utilização de equações para resolução de problemas.
- História: nos textos de apoio e nas discussões envolvendo aspectos históricos da construção do conhecimento.
- Português: na utilização por leitura, compreensão e interpretação dos textos, e na elaboração escrita das argumentações para as respostas dos questionários.
- Química: nas discussões acerca da estrutura da matéria e das concepções atomistas dos alunos em comparação ao modelo aceito cientificamente e na discussões dos processos de oxidação do ferro.
- Biologia: na abordagem acerca da problemática ambiental decorrente de explosivas liberações de dióxido de carbono nos lagos Nyos e Monoum e seu efeito de sufocamento para os seres vivos nas proximidades.

2.4 CONCESSÃO DE TEMPO SUGERIDA

Esta sequência de ensino está organizada para ser ministrada em um tempo de seis aulas, de 40 minutos cada uma, distribuídas conforme Cronograma no quadro abaixo. No entanto, devemos lembrar que cada aplicação apresentará suas particularidades que poderão influenciar em sua duração.

Quadro 2.1: Roteiro sugerido para implementação da SEI N° 02.

Aula	Roteiro Sugerido	
Aula 01	**Pare e pense** *30 minutos*	- Aplicação do questionário - **Teste de Sondagem – Atividade Investigativa I**. *(20 minutos)*
		- Exibição da animação virtual e discussão das concepções presentes nos questionários *(10 minutos)*

	Experimentação *10 minutos*	- Prática com interação dos alunos - **Atividade Investigativa II**. *(10 minutos)*
Aula 02	**CTSA I** *(25 minutos)*	- Leitura e discussão do texto: **Um Pouco de História na Física: Lei do Resfriamento de Newton** *(15 minutos)*
	Organização do Conteúdo I *(5 minutos)*	- Explanação do conteúdo: Introdução *(05 minutos)*
	CTSA II *(10 minutos)*	- Leitura e discussão do texto *(10 minutos)*
Aula 03	**Organização do Conteúdo II** *(40 minutos)*	- Explanação do conteúdo: Dilatação Linear *(10 minutos)*
		- Resolução do exercício pelos alunos - **Atividade Investigativa III** *(30 minutos)*
Aula 04	**Organização do Conteúdo II** *(20 minutos)*	- Correção do exercício - **Atividade Investigativa III** *(20 minutos)*
	Organização do Conteúdo III *(10 minutos)*	- Explanação do conteúdo: Dilatação Superficial e Volumétrica *(10 minutos)*
	CTSA III *(10 minutos)*	- Leitura e discussão do texto CTSA III e encaminhamento de atividade *(10 minutos)*
Aula 05	**CTSA III** *(15 minutos)*	- Resolução das questões da atividade referente ao texto CTSA III - **Atividade Investigativa IV** (10 minutos)
	Organização do Conteúdo IV *(10 minutos)*	- Explanação do conteúdo: Dilatação dos Líquidos *(10 minutos)*
		- Resolução de exercício pelos alunos - **Atividade Investigativa V** *(10 minutos)*
		- Correção do exercício *(10 minutos)*
Aula 05	**Organização do Conteúdo V** *(15 minutos)*	- Explanação do conteúdo: Comportamento irregular da água *(10 minutos)*
	CTSA IV *(30 minutos)*	- Leitura e discussão do texto CTSA III e encaminhamento de atividade - **Atividade Investigativa VI** *(15 minutos)*
		- Resolução das questões da atividade referente ao texto CTSA III - **Atividade Investigativa VI** (15 minutos)
Aula 06	**Avaliação da SEI** *(20 minutos)*	- Revisão dos principais pontos da SEI N° 02 (30 minutos)
		- Questionário avaliativo da SEI N° 02

Fonte: Elaborado pela autora

2.5 PARE E PENSE

ATIVIDADE INVESTIGATIVA I

Aplicação de Questionário – Teste de Sondagem

A aula é iniciada com a distribuição de um teste de sondagem impresso em forma de questionário contendo questões que devem ser respondidas individualmente e por escrito.

Quadro 2.1: Teste de Sondagem – SEI N° 02

Teste de sondagem

Nome: _____

1. Quando um corpo sólido é aquecido seu volume permanece inalterado, aumenta ou diminui? Por quê?

_____
_____
_____
_____

2. Esta variação no volume depende da variação da temperatura utilizada para o aquecimento? Por quê?

_____
_____
_____
_____

3. Se você respondeu que o volume não varia (permanece inalterado), saiba que este não é o caso. Há efetivamente uma variação. Reconheça isto. E responda: esta variação no volume depende do volume inicial? Por quê?

_____
_____
_____
_____

4. Em dias quentes os cabos de alta tensão ficam mais arqueados ou, como se diz popularmente, "fazendo barriga", entre os postes ou torres de transmissão e em dias frios eles ficam mais esticados. Como você explica esse fato?

_____
_____
_____
_____

Fonte: elaborado pela autora

Discussão do Questionário

Nesta etapa fazemos breve explanação acerca do conteúdo que será estudado e exibimos a animação virtual[1] (Figura 2.1) mostrando o que acontece no interior dos sólidos quando sua temperatura sofre variação.

Figura 2.1: A rede elétrica.
Fonte: Adaptado de: http://www.nupic.fe.usp.br/Projetos%20e%20Materiais/labvirt/pLABVIRT/2-ensino-medio/02_sim_termo_rede.zip

Na sequência, algumas respostas dos alunos devem ser lidas e discutidas em sala de aula. As discussões devem girar em torno das concepções acerca da estrutura da matéria aceito cientificamente. Os alunos devem perceber que, mediante aquecimento, não existe uma dilatação das partículas, mas que ao se afastarem de suas posições de equilíbrio, influenciam na dimensão final do corpo. Tampouco, as partículas irão se reduzir mediante resfriamento; o que resultará, nesse caso, é uma contração no volume do corpo.

2.6 EXPERIMENTAÇÃO – ATIVIDADE INVESTIGATIVA II

Como a olho nu é difícil se observar o fenômeno da expansão térmica, sugerimos um experimento para ser realizado em sala de aula, demonstrando esse efeito Físico. Talvez, esse seja o experimento mais antigo para demonstração desse fenômeno. Trata-se da "bola e anel" (Figura 2.2), proposta no século XVIII por Willem Gravesande (1688 – 1742), filósofo, físico e matemático holandês.

Figura 2.2: Demonstração da expansão térmica com o "anel e bola" de Gravesande: (a) a bola passa pelo anel; (b) a bola é aquecida; (c) devido à dilatação, a bola não passa mais pelo anel.
Fonte: http://pzweb.harvard.edu/ucp/curriculum/density/s3_lesson12_lessonplan.htm

O experimento será realizado por um aluno da sala que se disponibilizar a auxiliar o professor na demonstração. Orienta-se a seguinte abordagem:

1º. O professor pede para o aluno passar a esfera pela argola para que toda a turma visualize. Em o aluno é orientado a aquecer a esfera na chama de uma vela.

Professor: O que vocês acham que acontece com a esfera se ela for aquecida?

2º. Depois da esfera ser aquecida o aluno deve ser orientado a passar a esfera pela argola. Como suas dimensões terão aumentado, não será possível passá-la pela argola.

Professor: Por que ela não passou pelo anel? O que houve? E se colocarmos a esfera dentro de água fria por algum tempo? O que acontece com ela?

3º. O aluno é orientado a colocar a esfera dentro da água fria (por mais ou menos um minuto). E em seguida passá-la pela argola. Como suas dimensões terão diminuído, ela passará livremente.

Professor: Por que isso acontece?

As respostas dos alunos devem ser discutidas após o experimento. De modo a orientá-los tanto acerca do fenômeno da expansão térmica quanto acerca do modelo atomista aceito cientificamente.

2.7 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE – CTSA I

Se a esfera do experimento for aquecida e deixada esfriar sem entrar em contato com a água ou outro corpo qualquer, quanto tempo vai demorar até que ela entre em equilíbrio térmico com o ambiente?

UM POUCO DE HISTÓRIA NA FÍSICA – LEI DO RESFRIAMENTO DE NEWTON

Compilado a partir de Silva (2010)[2]

No século XVII, mais precisamente no ano de 1701, Isaac Newton (1643 – 1727) publicou um artigo intitulado "*Scala Graduum Caloris*", no qual ele descrevia um método para medir temperaturas de até 1.000°C, algo impossível aos termômetros da época. Seu método estava baseado no que hoje é conhecido como a **Lei do Resfriamento** ou **Lei da Variação de Temperatura de Newton**:

A taxa de variação da temperatura de um corpo é proporcional à diferença de temperaturas entre o corpo e o ambiente.

É preciso considerar que a taxa de resfriamento ou da variação de temperatura de um corpo depende de vários fatores, dentre os quais podemos citar: a diferença de temperatura entre o corpo e o meio externo, as condições do ambiente onde o corpo foi colocado, o tempo em que o corpo permanece em contato com o ambiente, o material do corpo e a superfície do corpo exposta ao ambiente (SILVA, 2010).

Após esquentar um objeto e deixa-lo em repouso num lugar isolado, para que este possa perder calor apenas para o ambiente e não perca calor por contato com outro corpo, percebe-se que sua temperatura diminui com o tempo.

Sendo assim, tendo T como a temperatura do objeto e T_a como a temperatura do ambiente, e sabendo que $T_a < T$, teremos um fluxo de calor do meio mais quente para o mais frio. As observações experimentais feitas por Newton mostram que a razão das variações da temperatura, ΔT, para distintos intervalos de tempo Δt, associadas à transferência de calor do objeto (mais quente) para o ambiente (mais frio), é proporcional à diferença de temperatura entre o objeto e seu meio ambiente, ou seja,

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} \propto (T - T_a).$$

Na linguagem do cálculo diferencial, em que se consideram valores instantâneos da temperatura e do tempo, essa razão de converte na taxa de variação da temperatura em relação ao tempo, expressa pela derivada $(\frac{dT}{dt})$, a qual resulta proporcional à diferença de temperaturas $(T - T_a)$ entre o sistema e o ambiente. Assim:

$$(\frac{dT}{dt}) = -k(T - T_a),$$

onde k é uma constante que depende do material de cada objeto e é medida em unidade de inverso de tempo, s^{-1} no SI, ou seja, trata-se de uma "frequência". O sinal negativo que precede o lado direito indica que a derivada é negativa, ou seja, o calor escoa do objeto (mais quente) para o meio ambiente (mais frio).

Esta é uma equação diferencial cuja solução fornece o valor da temperatura de um corpo em qualquer momento:

$$T(t) = T_a + (T_0 - T_a)e^{-kt},$$

onde T_0 é a temperatura inicial do sistema.

APLICABILIDADE DA LEI DO RESFRIAMENTO DE NEWTON

Adaptado a partir de Silva (2010)[2]

Não trataremos do desenvolvimento de cálculos de equações diferenciais, mas é de suma importância que você conheça algumas aplicabilidades da Lei do Resfriamento de Newton, haja

vista sua importância para a compreensão e determinação do funcionamento de sistemas físicos, biológicos, econômicos e até mesmo sociais.

Eis algumas de suas aplicações:

- **Mudança de têmpera feita em peças de aço**

Um procedimento fundamental para a dureza e elasticidade do aço é obtido através de um tratamento térmico, o qual consiste basicamente no aquecimento e resfriamento do aço. Parte fundamental desse procedimento é o revenimento, que consiste em inserir uma peça em um forno que está a uma determinada temperatura, aguardar a peça chegar à temperatura desejada para que haja um acomodamento natural de sua estrutura e retirar esta peça do forno, deixando-a resfriar até a temperatura ambiente.

Figura 2.3: Processo de têmpera
Fonte:http://www.manutencaoesuprimentos.com.br/conteudo/6394-processo-de-tempera/

Com o auxílio da equação da Lei de Variação de Temperatura de Newton, é possível determinar o tempo necessário para permanência da peça dentro do forno, para que esta atinja a temperatura de revenimento. Com o cálculo destes tempos, acredita-se também que seja possível aperfeiçoar a utilização do forno, permitindo uma maior produtividade, além de economia por tempo de utilização do equipamento.

- **Resfriamento de materiais biológicos para preservação.**

Entre os vários métodos de preservação de materiais biológicos, o resfriamento é amplamente utilizado, por permitir a conservação das propriedades quantitativas e qualitativas desejáveis desses materiais em estado quase inalterado e natural.

Por exemplo, o pré-resfriamento de frutas é uma das mais importantes etapas da pós-colheita e consiste na remoção rápida do calor dos frutos oriundos dos campos, antes do armazenamento, processamento ou comercialização, no qual é preciso estocar essas frutas em câmaras de refrigeração para que esses alimentos durem por mais dias ou até mesmo meses. Por isso, se faz necessário diminuir a temperatura dessas frutas, antes que sejam armazenadas

nas câmaras de refrigeração, pois, as mesmas não conseguem manter muitos alimentos a uma temperatura adequada, para que assim não estraguem rapidamente.

Esse mesmo processo de resfriamento também é usado para a diminuição das perdas de produtos hortícolas frescos, os quais em grande parte dependem da rápida diminuição da temperatura após a colheita. O objetivo do armazenamento é manter a qualidade interna e externa desses alimentos. Tal procedimento é realizado através de dois tipos de resfriamento, água gelada ou ar forçado. Antes de entrar na câmara fria (figura 2.4.b), por exemplo, as maçãs recebem um banho (como na figura 2.4.a), atravessando um tanque de água gelada sobre uma esteira rolante, durante um determinado tempo, saindo numa temperatura média desejada, verificando-se que quanto maior o tempo (em minutos) que a maçã fica no banho menor é a temperatura (em °C), como desejado.

a)

b)

Figura 2.4:.a) Banho gelado na fase de pós colheita b) câmara fria
Fonte: http://www.ebah.com.br/content/ABAAABY-0AH/refrigeracao-frutas-hortalicas

Para o pré-resfriamento das maçãs por ar forçado, utiliza-se um túnel com fluxo de ar forçado, no qual são mantidas as maçãs até que se obtenham a temperatura desejada. Sendo assim, é possível através da Lei de Variação de Temperatura de Newton determinar o tempo necessário para que as maçãs em contato com a água gelada ou ar forçado atinjam a temperatura necessária para o armazenamento.

- **Resfriamento do Leite Cru**

Outro exemplo de aplicação é no processo de resfriamento do leite cru. Ao baixarmos sua temperatura, retardamos os processos químicos e o crescimento microbiano, evitando dessa forma a queda da qualidade do produto. Esse processo consiste em baixar a sua temperatura a uma igual ou inferior a 4° C, temperatura esta que deve ser atingida no máximo em 3h após o término da ordenha na propriedade rural e nela mantida em um período máximo de 48h antes

de ser transportado para um estabelecimento industrial para ser processado, onde deve apresentar no momento do seu recebimento, temperatura igual ou inferior a 7°C.

O resfriamento na propriedade rural tem por objetivo inibir o crescimento bacteriano e prolongar o armazenamento do produto na propriedade rural de forma a reduzir os custos de transporte e evitar a perda da qualidade do produto. O crescimento de bactérias no leite é reduzido por meio do resfriamento abaixo de 10°C, mas temperaturas próximas de 3°C a 4°C, atingidas de uma forma rápida, permitem que as atividades bacterianas sejam minimizadas. Uma das técnicas mais usadas pelos produtores rurais de leite para o resfriamento rápido desse produto é o sistema de expansão direta que consiste em tanques de resfriamento do leite, onde o mesmo é projetado como um evaporador, sendo que o calor do leite passa pela parede de aço inoxidável para o meio de resfriamento. Sendo assim, o meio de resfriamento se evapora, retirando o calor do leite.

Figura 2.5: tanque de resfriamento de leite cru
Fonte: http://www.delaval.com.br/-/Produtos--Solucoes/Tanques-de-Resfriamento-/

A Lei de Variação de Temperatura de Newton determina quanto tempo o leite deve permanecer em contato com essa parede inoxidável, para que se obtenham a temperatura desejada.

- **Perícia criminal.**

Quando um indivíduo morre, sua temperatura que era em torno de 36,5ºC começa a cair e tende a se igualar a temperatura do ambiente. No entanto, o método não deve ser aplicado se o cadáver perdeu muito sangue ou se morreu devido à ingestão de algum tipo de veneno especial ou se passar muito tempo após o óbito, quando ficará difícil de determinar esta variação de

temperatura e levando em conta também que fatores, afetam a perda de temperatura e explicam a margem de erro dessa técnica (fatores que serão desconsiderados neste artigo).

Tal aplicação se torna possível devido a mecanismos bioquímicos que são mantidos em nosso corpo a uma temperatura constante de aproximadamente 36,5ºC. Quando ocorre o óbito, estes mecanismos deixam de funcionar e, então, a temperatura do corpo começa a diminuir da mesma forma que uma xícara de café esfria depois de servido. Assim, é possível determinar a hora aproximada de óbito de uma pessoa através de um modelo matemático de Equação Diferencial Ordinária aplicada na Lei de Variação de Temperatura de Newton.

Figura 2.6: perícia criminal
Fonte:http://bi126.blogspot.com.br/2008_02_01_archive.html

Assim, suponhamos que o corpo de uma vítima de assassinato foi encontrado às 22 horas. Às 22h e 30min o perito criminal chegou e imediatamente tomou a temperatura do cadáver, que era de 32,5°C. Uma hora mais tarde, tomou a temperatura outra vez e encontrou 31,5°C. A temperatura do ambiente foi mantida constante a 16,5°C. Devemos admitir também que a temperatura normal de uma pessoa viva seja, aproximadamente, de 36,5°C. É possível determinar a hora aproximada em que essa pessoa veio a óbito? Através da Lei de Variação de Temperatura de Newton, é possível determinar a hora aproximada em que a vítima veio a óbito.

2.8 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO - I

O conteúdo que precisa ser lido pelos estudantes -Introdução à dilatação térmica dos sólidos- será disponibilizado em cópias impressas individuais. Orientamos que o conteúdo deste tópico seja ministrado em forma de apresentação expositiva fazendo uso de slides digitais para introduzir o conceito científico de dilatação térmica dos sólidos, com ênfase para as dilatações em uma dimensão (linear), em duas (superficial) e em três (volumétrica).

INTRODUÇÃO À DILATAÇÃO TÉRMICA DOS SÓLIDOS

Adaptado a partir de Serway (2006)[3]

A discussão feita na SEI N° 01 sobre o termômetro de líquido emprega uma das mudanças mais bem conhecidas que ocorrem na maioria das substâncias: quando a temperatura aumenta, o volume aumenta. Esse fenômeno, conhecido como **expansão térmica** ou **dilatação térmica** desempenha um papel importante em numerosas aplicações. Por exemplo, juntas de expansão térmica devem ser incluídas em edifícios, estradas de concreto, trilhos de estrada de ferro e pontes para compensar as mudanças nas dimensões que ocorrem com as variações da temperatura.

A expansão térmica global de um corpo é uma consequência da mudança na separação média entre seus átomos ou moléculas constituintes, que acham-se em estado de vibração contínua em uma dada temperatura. Para compreender isso, considere como os átomos em uma substância sólida se comportam. Esses átomos estão localizados em posições médias fixas de equilíbrio; se um átomo for afastado de sua posição, uma força restauradora o puxa de volta. Podemos construir um modelo estrutural no qual imaginamos que os átomos são partículas em suas posições de equilíbrio conectadas por molas com os átomos vizinhos (figura 2.7). Se um átomo for afastado de sua posição de equilíbrio, a distorção das molas fornece uma força restauradora.

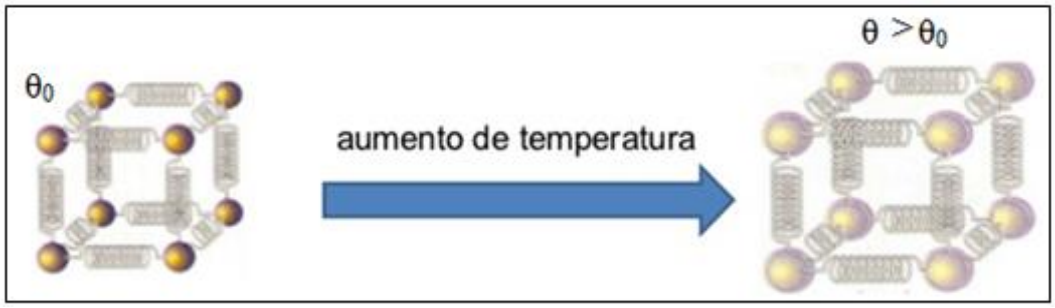


Figura 2.7. Elemento da rede cristalina à temperatura θ_0 e o mesmo elemento à temperatura $\theta > \theta_0$. Observe o aumento de volume propiciado pelo aumento de temperatura (fora de escala com cores-fantasia).
Fonte: http://pt.slideshare.net/fisicaatual/temperatura-e-dilatao-de-slidos

2.9 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE – CTSA II

Neste tópico pode-se optar por pedir produção escrita dos alunos contendo as respostas ou promover apenas a discussão em sala.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA III

A **Ponte Presidente Costa e Silva,** ou **Ponte Rio-Niterói**, como é popularmente conhecida, localiza-se no estado do Rio de Janeiro e liga os municípios de Rio de Janeiro e Niterói – são 13,29 km construídos sobre a baía de Guanabara (Figura 2.8).

A foto abaixo (Figura 2.9) foi tirada por uma mulher que passeava de barco na região (em abril de 2014) e passou por baixo da construção. A foto foi postada no facebook e em 5 dias mais de 30 mil pessoas haviam compartilhado a imagem.

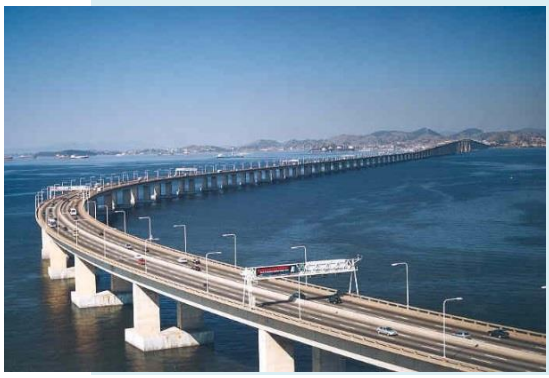


Figura 2.8: Ponte Rio-Niterói
Fonte: http://www.mundodastribos.com/cameras-ao-vivo-na-ponte-rio-niteroi.html

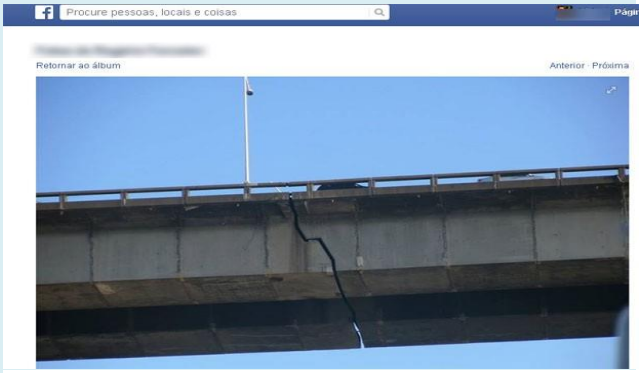


Figura 2.9: Fenda na Ponte Rio-Niterói.
Fonte: Facebook

O que você acha que chamou a atenção da fotógrafa na ocasião e dos internautas em seguida?

_____
_____
_____
_____

O texto a seguir esclarece que a falsa rachadura na ponte é, na verdade, uma junta de dilatação necessária para impedir fissuras nas lajes e vigas. Sugere-se provocar os alunos a citarem outras condições em que se pode perceber a presença de juntas de dilatação.

CONCESSIONÁRIA DIZ QUE VÃO NA PONTE RIO-NITERÓI É NECESSÁRIO

Imagem foi registrada por mulher que fez passeio de barco no sábado (5). Concessionária diz que toda ponte grande precisa desse tipo de abertura.

Do G1 RIO[4]

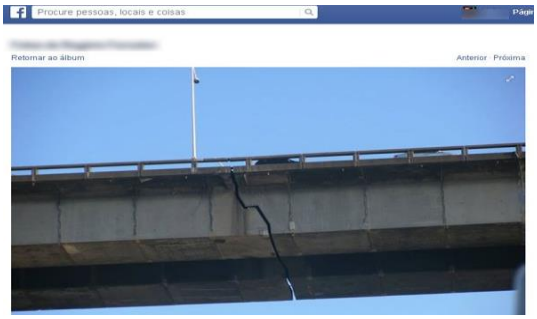


Figura 1.10 – Foto está circulando nas redes sociais e mostra fenda na Ponte Rio-Niterói (Foto: Reprodução/ Facebook)

Uma foto que está circulando nas redes sociais mostra uma "rachadura" na Ponte Rio-Niterói. Até a manhã desta quinta-feira (10), mais de 30 mil pessoas haviam compartilhado a imagem. O registro foi feito por uma mulher que passeava de barco pela região no sábado (5) e passou por baixo da construção. A leitora Joana Chung Tattooist enviou a imagem por meio da plataforma colaborativa VC no G1.

A concessionária 'CCR Ponte', que administra a obra, informou que toda ponte de grandes dimensões tem esse vão, que acomoda a movimentação da estrutura em função das variações térmicas. A abertura serve para impedir fissuras nas lajes e vigas.

Veja a nota da 'CCR Ponte' na íntegra:

Uma foto está sendo postada nas redes sociais mostrando uma junta de dilatação na Ponte Rio-Niterói, que vem sendo confundida com uma rachadura.

A 'CCR Ponte' esclarece que esta abertura é necessária e consiste em uma separação física entre as duas partes de uma estrutura, para que estas possam se movimentar sem transmitir esforços entre si.

Toda ponte de grandes dimensões precisa deste tipo de abertura para acomodar a movimentação da estrutura em função das variações térmicas, evitando tensões indesejáveis, o que poderia ocasionar fissuras nas lajes e vigas.

Existem várias juntas como esta ao longo da Ponte Rio-Niterói. No trecho sobre o mar, essas aberturas ocorrem a cada 400 metros, em sua maior parte, e têm cerca de 13 centímetros de abertura. Nos acessos Rio e Niterói, ocorrem a cada 30 metros, aproximadamente, e têm cerca de três centímetros de abertura.

Disponível em: http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2014/04/concessionaria-diz-que-rachadura-na-ponte-rio-niteroi-e-necessaria.html

2.10 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO - II

DILATAÇÃO LINEAR

Adaptado a partir de Guimarães et. al (2013)[5]

A dilatação térmica pode ser verificada experimentalmente. Por exemplo, na figura 2.11 vemos um sólido, inicialmente a uma temperatura θ_0, e a seguir o mesmo sólido, um pouco mais quente, numa temperatura $\theta < \theta_0$. É certo que todo sólido sofre variação nas três dimensões (comprimento, largura e altura), mas aqui a maior diferença foi a da variação do comprimento L do sólido, a que chamamos de **dilatação térmica linear**.

Experimentalmente, verifica-se que a dilatação térmica linear ΔL sofrida pela barra é diretamente proporcional ao comprimento inicial da barra L_0 e a variação da temperatura $\Delta\theta$:

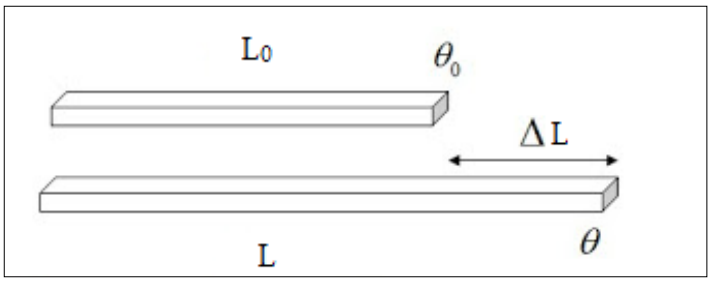


Figura 2.11: Representação exagerada da dilatação térmica do comprimento de uma barra.

$$\Delta L = \alpha . Lo . \Delta\theta$$

Nessa expressão, α é uma constante, denominada **coeficiente de dilatação linear,** característica do material constituinte do sólido e medida em inverso de grau de temperatura, e.g., em $(°C)^{-1}$.

O comprimento final do sólido é dado por:

$$L = Lo + \Delta L \text{ ou } L = Lo(1 + \alpha . \Delta T)$$

Tabela 2.1: Valores médios de coeficientes de dilatação linear de alguns materiais sólidos.

Material	α ($°C^{-1}$)/ (10^{-6}) =
Porcelana	3
Cobre	17
Vidro pirex	3
Latão	19
Vidro comum	8
Alumínio	22
Aço	11
Platina	9
Zinco	26
Ferro	12
Concreto	12
Chumbo	27

Fonte: adaptada de Guimarães, Osvaldo (2013)

A tabela 2.1 apresenta os valores médios dos coeficientes de dilatação linear de alguns materiais sólidos, para temperaturas em torno de 20 °C.

Embora a dilatação térmica seja relativamente pequena em relação ao comprimento inicial da barra, os esforços estruturais provocados por uma dilatação não prevista são muito intensos. Vejamos alguns exemplos do uso dessas "folgas", chamadas **juntas de dilatação**:

- Nas construções, para evitar acidente por causa da dilatação térmica dos materiais, são utilizadas "folgas", chamadas juntas de dilatação (figura 2.12). Geralmente, essas folgas são preenchidas com material deformável (madeira, piche, etc.).

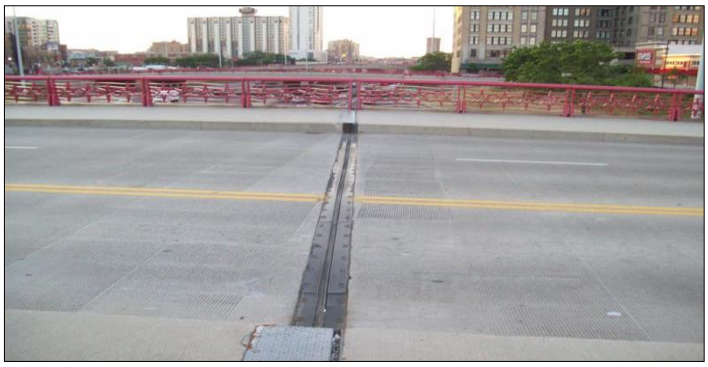


Figura 2.12: Folga entre os lajes para permitir a dilatação térmica sem tensões
Fonte: https://en.wikipedia.org/wiki/File:USA_Bridge_Expansion_Joint.jpg

- Nos trilhos de uma ferrovia, que podem ficar retorcidos caso não se previna a dilatação. A compressão entre os elementos que compõem a via fica tão intensa que acaba por deslocar ou retorcer os trilhos de aço. Para prevenção, também são utilizadas "folgas" entre os trilhos (figura 2.13).

Figura 2.13: Folga entre os trilhos para permitir a dilatação térmica sem tensões
Fonte: http://aymarasevedo.blogspot.com.br/2014/04/dilatacao-termica-em-nosso-cotidiano_17.html

Quando um corpo não é aquecido igualmente, algumas partes dilatam-se mais que outras, provocando tensões e, eventualmente, a ruína da estrutura sólida, como no caso de copo que se quebra ao receber café muito quente. Aumentar a espessura da parede do copo não resolve, uma vez que isso só faz aumentar as diferenças de temperatura entre as várias partes do vidro. Para diminuir o problema, convém reduzir as espessuras da parede do copo, o que proporciona um aquecimento mais uniforme, com menor possibilidade de ruptura térmica, embora sacrifique a resistência mecânica.

O rompimento de grandes rochas, antes da invenção e do uso da dinamite, era feito por meio do aquecimento irregular em uma dilatação térmica. Fazia-se uma fogueira sobre a rocha, numa pequena região, para provocar o aquecimento localizado. Se isso não fosse suficiente, jogava-se água fria na rocha para aumentar os desníveis de temperatura e os esforços por eles provocados.

Quando queremos soltar ou apertar uma rosca entre materiais diferentes, aquecemos ou resfriamos o conjunto, conforme os coeficientes de dilatação, com a intenção de gerar uma folga entre os elementos. Abrimos, assim, com mais facilidade, tampas metálicas de recipientes de vidro, por exemplo.

No aquecimento dos motores de combustão interna, os pistões de alumínio ficam mais juntos dentro da camisa de aço, pois o alumínio tem maior coeficiente de dilatação que o aço.

Em estruturas sujeitas a muitas variações térmicas o ideal é usar materiais que tenham o mesmo coeficiente de dilatação. É o caso, por exemplo, do ferro e do concreto, que dilatam-se em conjunto e contraem-se também em conjunto, sem que a dilatação ou contração provoque esforços estruturais. A mesma propriedade é observada entre a amálgama, material que era usado nas obturações dentárias, e o dente. (figura 2.14).

Figura 2.14: Folga entre os trilhos para permitir a dilatação térmica sem tensões
Fonte: http://aymarasevedo.blogspot.com.br/2014/04/dilatacao-termica-em-nosso-cotidiano_17.html

Já o uso de materiais de coeficientes de dilatação diferentes possibilita a construção de contatos elétricos automáticos – que se desligam quando muito quentes e ligam novamente ao esfriar – como se observa nas lâminas bimetálicas.

Observe um arranjo que se constitui de duas lâminas de materiais diferentes, sobrepostas e solidárias (figura 2.15). Quando aquecidas, as lâminas se dilatam. Como cada material tem um coeficiente de dilatação e as lâminas estão interligadas, os esforços que surgem com o aquecimento encurvam o conjunto para o lado da lâmina de menor coeficiente linear. O aquecimento das lâminas ocorre pela passagem de corrente elétrica que fica que fica interrompida quando as lâminas se curvam. Com a interrupção da corrente elétrica as lâminas esfriam e refaz-se o contato. Esse o princípio de funcionamento do pisca-pisca e dos ferros elétricos automáticos, por exemplo.

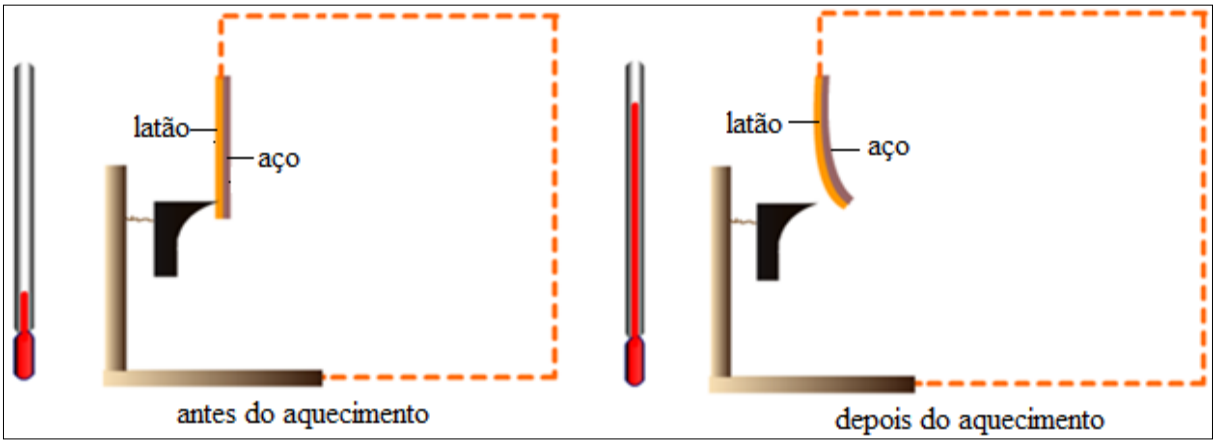


Figura 2.15: Arranjo de lâminas bimetálicas (de materiais ~~de~~ diferentes), que interrompem o contato elétrico ao se aquecerem.
Fonte: http://www.if.ufrgs.br/cref/leila/

ATIVIDADE INVESTIGATIVA IV

1. Por que os corpos se dilatam quando sua temperatura aumenta?
2. Todos os corpos se dilatam da mesma maneira quando submetidos a um mesmo aumento de temperatura? Por quê?
3. Nos quadrinhos a seguir temos um diálogo entre um operário e o engenheiro de uma ferrovia em construção, sobre qual o espaçamento necessário entre os trilhos para que eles não fiquem retorcidos com a dilatação ocasionada pela variação térmica, evitando assim possíveis acidentes.

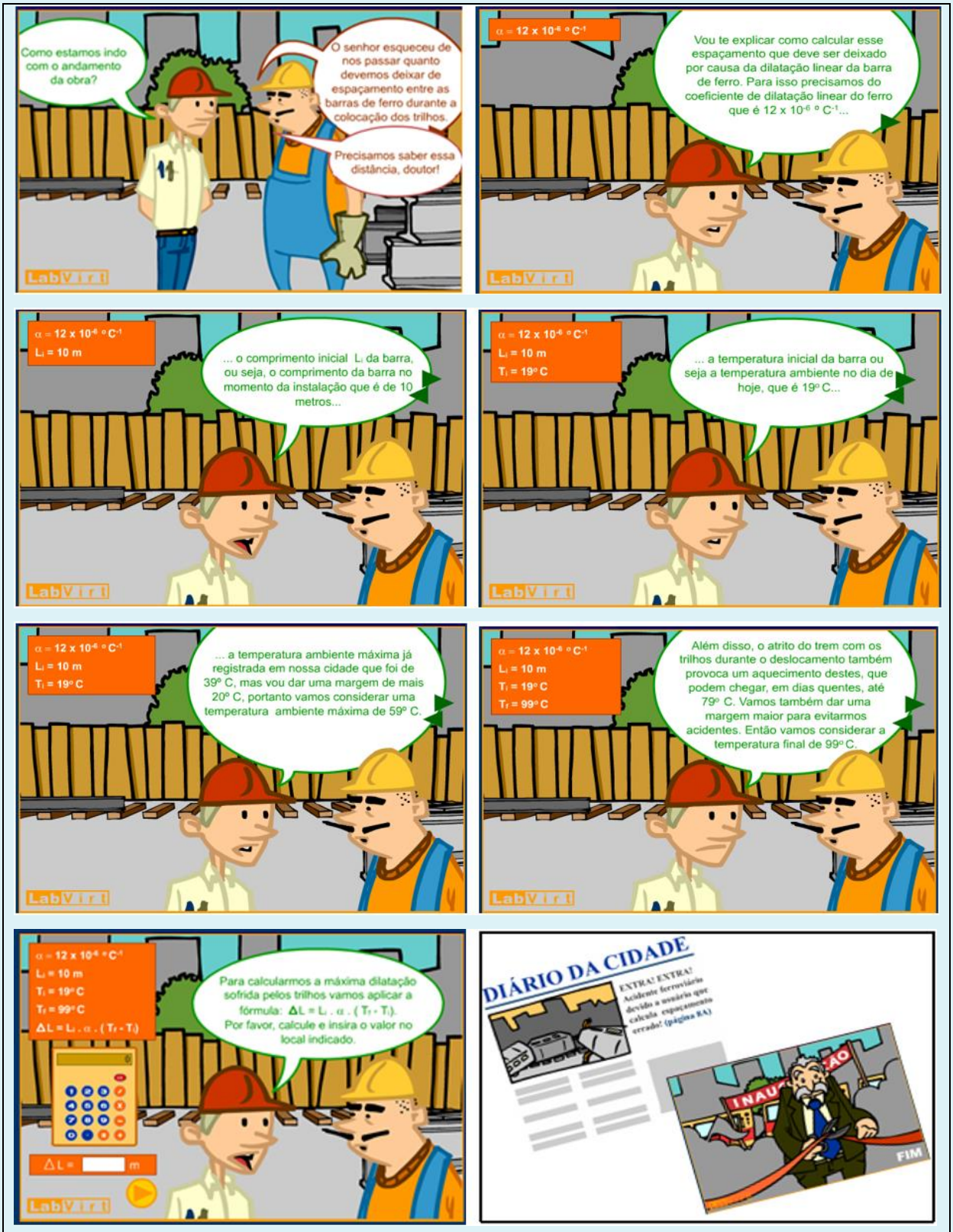


Figura 2.16: A ferrovia.
Fonte: www.labvirt.fe.usp.br/simulacoes/fisica/sim_termo_ferrovia.htm

O último quadrinho apresenta duas possibilidades: na primeira, uma notícia no Diário da Cidade sobre um acidente ferroviário atribuído a um erro no cálculo do espaçamento entre os trilhos; na segunda, a inauguração da ferrovia.

Seguindo as informações dadas pelo engenheiro, calcule o espaçamento necessário entre os trilhos para que a ferrovia fosse devidamente inaugurada, prevenindo acidentes devido à variação térmica.

4. Analise o arranjo da figura 2.15 e responda:

a) Por que a lâmina bimetálica se curva com o aquecimento?

b) Qual das duas substâncias (aço ou latão) apresenta maior coeficiente de dilatação? Por quê?

DILATAÇÃO SUPERFICIAL

Adaptado pela autora a partir de Guimarães et. al (2013)[5]

A figura 2.17 mostra uma chapa metálica retangular, a uma temperatura θ_0. Depois de aquecida, a chapa atinge a temperatura θ. Houve variação nas dimensões da placa, mostradas com exagero proposital.

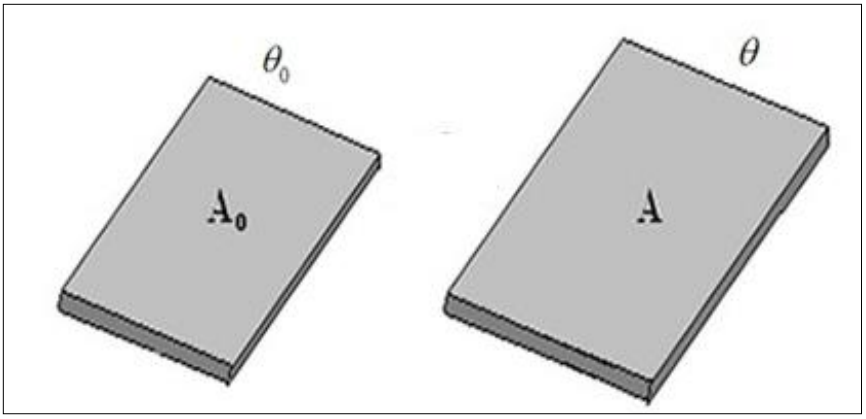


Figura 2.17: Aquecimento de uma chapa retangular. Propositadamente, as dilatações estão mostradas com exagero.
Fonte: Desenho da autora

Na temperatura θ_0, a área da chapa é A_0 e, na temperatura θ, a área é A. Experimentalmente, verifica-se que a dilatação termina superficial ΔA sofrida pela chapa é diretamente proporcional à área inicial da chapa A_0 e à variação da temperatura $\Delta\theta$.

$$\Delta A = \beta . A_0 . \Delta t$$

Nessa expressão, β é uma constante, denominada **coeficiente de dilatação superficial,** característica do material constituinte do sólido, é medido em inverso de grau de temperatura, e.g., $(°C)^{-1}$, e obedece à relação:

$$\beta = 2.\alpha$$

A área final da placa é dada por:

$$A = A_0 + \Delta A \quad \text{ou} \quad A = A_0.(1 + \beta.\Delta t)$$

Quando aquecemos um sólido, os furos que ele por acaso tiver se dilatarão como se fossem do mesmo material. Vamos imaginar uma chapa sobre a qual foi feito um furo na região central (Figura 2.18). Quando a placa for aquecida, a região do furo se dilata como se fosse feita do mesmo material da chapa. O mesmo acontece com corpos ocos.

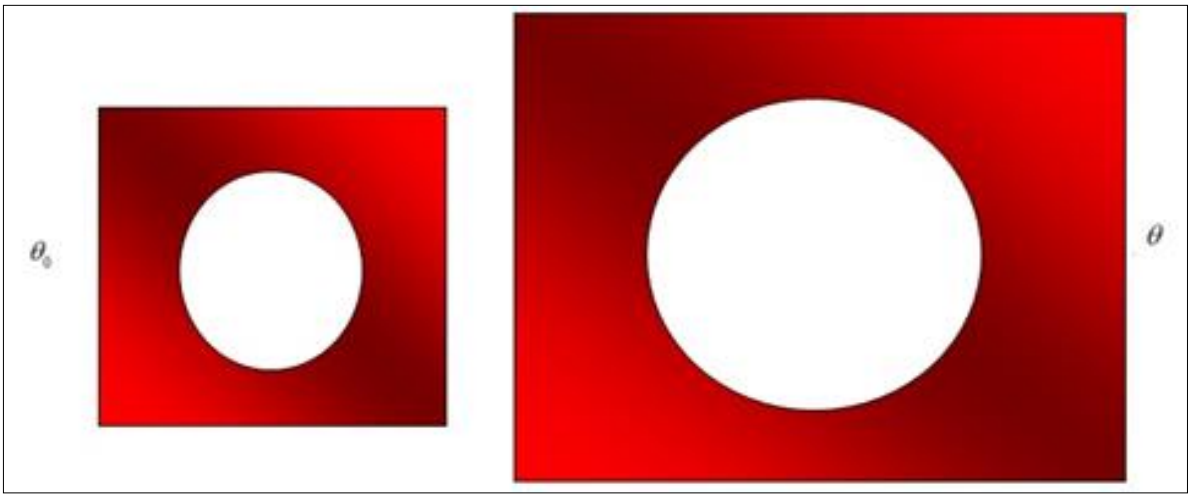


Figura 2.18: Representação exagerada da dilatação de um furo em uma chapa plana.
Fonte: Desenho da autora

DILATAÇÃO VOLUMÉTRICA

Adaptado a partir de Guimarães, et. al (2013)[5]

A dilatação volumétrica ΔV corresponde à variação do volume de um sólido quando submetido a uma variação de temperatura $\Delta\theta$. Assim, um sólido que apresente volume V_0, à

temperatura θ_0, e volume V, à temperatura θ (maior que θ_0), apresenta uma variação de volume ΔV diretamente proporcional ao volume inicial V_0 e à variação de temperatura $\Delta\theta$:

$$\Delta V = \gamma . V_0 . \Delta t$$

Nessa expressão, γ é uma constante, denominada **coeficiente de dilatação volumétrica,** característica do material constituinte do sólido, medida em inverso de grau de temperatura, e.g., $(°C)^{-1}$, e que obedece a relação:

$$\gamma = 3 . \alpha$$

O volume final do sólido é dado por:

$$V = V_0 + \Delta V \text{ ou } V = V_0 . (1 + \gamma . \Delta t)$$

2.11 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE –CTSA III

O texto a seguir refere-se a uma recente descoberta científica: formações geológicas que indicam processo de ruptura na superfície de Caronte, lua de Plutão. O referido processo está diretamente relacionado com o fenômeno de dilatação estudado nesta unidade. A principal intencionalidade desta abordagem temática é que os alunos possam utilizar os conhecimentos recém estudados para compreender um texto de divulgação científica atual.

Orienta-se que seja feita em duplas ou em pequenos grupos, a leitura do texto e em seguida a resolução da atividade de compreensão que deverá ser socializada por meio de discussões orientadas pelo professor.

LUA DE PLUTÃO 'RASGOU' SUPERFÍCIE COMO O 'HULK' FAZ COM AS ROUPAS

Imagens da sonda New Horizons, da Nasa, mostram formações geológicas indicativas de poderoso processo de ruptura da superfície de Caronte, provavelmente provocado por antigo oceano

Por Cesar Baima[6]

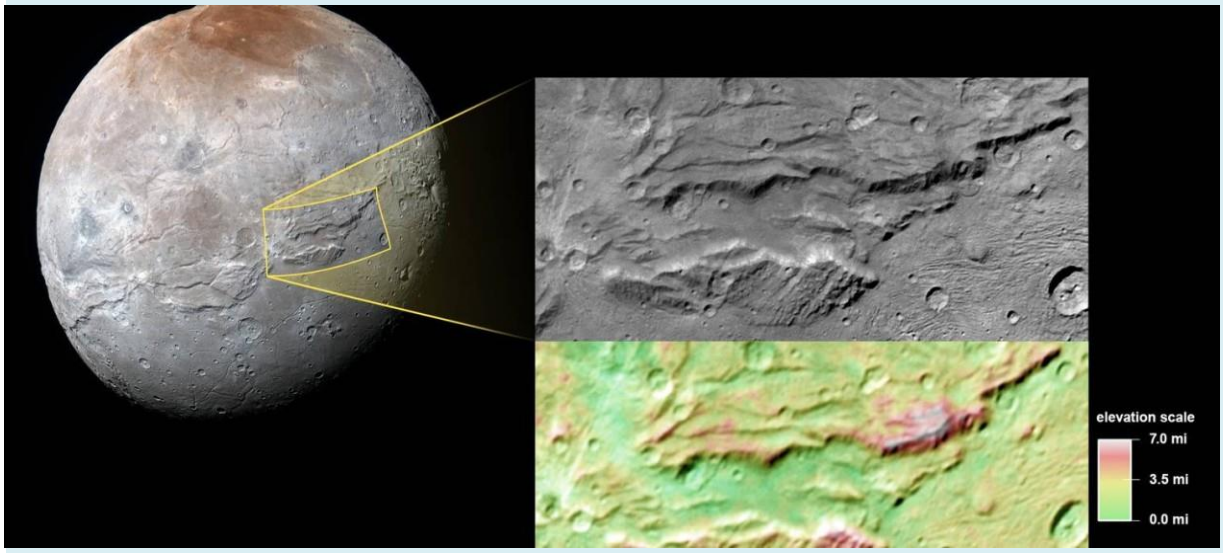


Figura 2.19: Imagem de Caronte captada pela sonda New Horizons com destaque para o chamado 'Abismo da Serenidade", gigantesca falha na superfície da lua de Plutão.
Fonte: Nasa/Universidade Johns Hopkins/Instituto de Pesquisas Southwest.

Quando enfurecido, o pacato personagem Bruce Banner vira o Incrível Hulk, um enorme monstro verde superforte, rasgando e deixando em frangalhos as roupas durante a transformação. E os cientistas agora acreditam que algo parecido aconteceu com Caronte, a grande lua de Plutão. Imagens da sonda New Horizons, da Nasa, que sobrevoou o hoje planeta-anão e seu sistema de satélites em julho do ano passado, mostram formações geológicas da lua que indicam que ela enfrentou um poderoso processo de ruptura da sua superfície após formada.

Coberta primariamente de gelo de água, a superfície de Caronte vista pela sonda é caracterizada por enormes falhas tectônicas, com fendas, escarpas e vales que alcançam mais de 6,5 quilômetros de profundidade. Segundo os cientistas, essa paisagem sugere que a lua se expandiu de alguma forma no passado, provocando estas fraturas.

Diante disso, os especialistas suspeitam que as falhas foram causadas por um antigo oceano que se formou sob a superfície congelada de Caronte e depois congelou também. Eles acreditam que, quando a lua era jovem, a água sob a superfície foi mantida em estado líquido pelo lento decaimento de elementos radioativos, assim como pelo calor interno remanescente do próprio processo de formação de Caronte. Mas, à medida que a lua esfriou, esse oceano acabou por congelar também, se expandindo (como a água normalmente faz quando vira gelo) e "empurrando" a superfície para criar os gigantescos abismos que vemos hoje.

Em imagem de Caronte divulgada pela Nasa, os cientistas apontam como exemplo disso o informalmente batizado como Abismo da Serenidade, parte de um vasto cinturão de falhas no satélite de Plutão. Essa formação geológica é uma das maiores do tipo já vistas no Sistema Solar, se estendendo por mais de 1,8 mil quilômetros e alcançando até 7,5 quilômetros de profundidade. A título de comparação, o Grand Canyon, na Terra, tem 446 quilômetros de extensão e pouco mais de 1,6 quilômetro de profundidade máxima. A imagem foi captada pela New Horizons quando ela estava a cerca de 78,7 mil quilômetros de Caronte, aproximadamente uma hora e 40 minutos antes do ponto de maior aproximação da sonda da lua no dia 14 de julho de 2015.

Disponível em: http://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/lua-de-plutao-rasgou-superficie-como-hulk-faz-com-as-roupas-18716895#ixzz42hMC77YZ

ATIVIDADE INVESTIGATIVA V

1. Por que o autor do texto comparou Caronte, a lua de Plutão, com o personagem Incrível Hulk?
2. Qual a explicação para as fraturas na superfície de Caronte?
3. A expansão do oceano interior de Caronte, se deu por aumento ou diminuição da temperatura? Como você explica isso?

2.12 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO - III

DILATAÇÃO TÉRMICA DOS LÍQUIDOS

Adaptado a partir de Guimarães, et. al (2013)[5]

Enquanto os sólidos possuem forma própria e volume definido, os líquidos tem somente volume definido. Por isso, o estudo da dilatação térmica dos líquidos é feito somente em relação à dilatação volumétrica.

Para se verificar experimentalmente a dilatação de um líquido é preciso colocá-lo dentro de um recipiente. Assim, quando aquecemos o sistema, tanto o líquido como o recipiente se dilatam. Portanto, na dilatação de um líquido devemos considerar a **dilatação real** do líquido, a **dilatação aparente do líquido** e a dilatação do recipiente.

Dilatação Real

Tabela 2.2: Coeficiente de dilatação real de alguns líquidos

Líquidos	α ($°C^{-1}$)/ (10^{-4}) =
Água	1,3
Mercúrio	1,8
Glicerina	4,9
Benzeno	10,6
Álcool etílico	11,2
Acetona	14,9
Água	1,3

Fonte: adaptada de Guimarães, Osvaldo (2013)

Assim como nos sólidos, a dilatação volumétrica ΔV de um líquido é diretamente proporcional ao volume inicial do líquido V_0 e à variação de temperatura $\Delta\theta$.

$$\Delta V = \gamma \cdot V_0 \cdot \Delta t$$

Nessa expressão, γ é o coeficiente de dilatação real do líquido (tabela 2.2). Os valores se referem à temperaturas próximas de 20 ºC.

Dilatação aparente

Quando aquecemos um líquido estamos também aquecendo seu recipiente, que também se dilata. Assim, a dilatação que observamos na prática, é denominada de dilatação aparente. Para calcular a dilatação real, devemos acrescentar a dilatação aparente à dilatação sofrida pelo recipiente.

Podemos então escrever:

$$\Delta V_{real} = \Delta V_{aparente} + \Delta V_{recipiente}$$

De acordo com a lei da dilatação volumétrica:

$$V_0 \cdot \gamma \cdot \Delta t = V_0 \cdot \gamma_{ap} \cdot \Delta t + V_0 \cdot \gamma_{rec} \cdot \Delta t$$

Após as simplificações, obtemos:

$$\gamma = \gamma_{ap} + \gamma_{rec}$$

Observações:

- Conforme se pode verificar na tabela 2.1, em geral os líquidos tem coeficiente de dilatação volumétrica maior que os sólidos; portanto, para um mesmo volume e mesma temperatura iniciais os líquidos dilatam-se mais que os recipientes que os contêm.
- Quando o líquido transborda, para pequenas variações de temperatura, admite-se que todo o líquido que transbordou esteja na mesma temperatura final do líquido que ficou no frasco.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA VI

Adaptada a partir de ENEM-MEC (2013)[7]

1. A gasolina é vendida por litro, mas em sua utilização como combustível, a massa é o que importa. Um aumento da temperatura do ambiente leva a um aumento no volume da gasolina.

Para diminuir os efeitos práticos dessa variação, os tanques dos postos de gasolina são subterrâneos. Se os tanques NÃO fossem subterrâneos:

I. Você levaria vantagem ao abastecer o carro na hora mais quente do dia pois estaria comprando mais massa por litro de combustível.
II. Abastecendo com a temperatura mais baixa, você estaria comprando mais massa de combustível para cada litro.
III. Se a gasolina fosse vendida por kg em vez de por litro, o problema comercial decorrente da dilatação da gasolina estaria resolvido.

Destas considerações, somente:
a) I é correta.
b) II é correta
c) III é correta
d) I e II são corretas.
e) II e III são corretas.

2.13 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO IV

COMPORTAMENTO ANÔMAL DA ÁGUA

Adaptado a partir de Guimarães, et. al (2013)[5]

Algumas substâncias, com destaque para a água, apresentam um comportamento irregular em relação às variações térmicas em determinadas faixas de temperatura. No intervalo de temperaturas entre 0 °C e 4 °C, o aumento de temperatura provoca uma contração no volume da água.

Esse fato se deve essencialmente ao tipo de ligação que as partículas apresentam entre si. A água em sua fase sólida possui uma rede cristalina com grandes vazios entre as partículas. Esses vazios são tão grandes que podem chegar a conter moléculas de outras substâncias. Como consequência, a fusão do gelo resulta numa redução de volume de cerca de 10%. Inversamente, a solidificação da água acarreta um aumento no volume.

O gelo é, portanto, menos denso que a água e, por essa razão, ele flutua sobre ela. Entretanto, esse comportamento **atípico** não termina com a fusão do gelo, ou seja, 0 °C, sob

pressão normal. Mesmo na fase líquida, a água ainda tem resquícios da formação cristalina com espaços vazios, e até a temperatura de 4 °C, a água continua a sua contração, atingindo nessa temperatura seu volume mínimo (a rigor, o volume mínimo da água ocorre à temperatura de 3,982 °C).

A partir de 4 °C começa a prevalecer a dilatação térmica, e a água passa então a se comportar como a maioria das substancias.

Essa "teimosia" que as moléculas de água têm em sua formação espacial deve-se às forças originadas nas pontes de hidrogênio, aliadas à geometria angular que a molécula de água possui. Os gráficos da figura 2.12 ilustram essa discussão, apresentando, em vez de densidade, o volume ocupado por grama de água, chamado de volume específico, em função da temperatura.

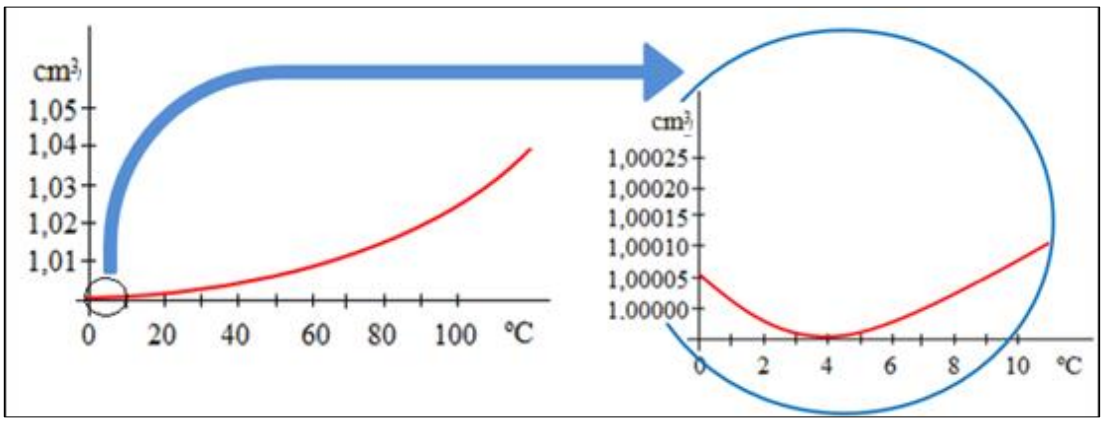


Figura 2.20: Volume de 1g de água sob pressão atmosférica
Fonte: Desenho da autora

A água na fase líquida e próxima de 0 °C é menos densa do que as porções de água que estão próximas de 4 °C, por isso tende a migrar para a superfície. O resultado é que o lago começa a congelar pela parte de cima. Como o gelo é um mau condutor de calor, a água que está abaixo dele passa a ceder menos calor para o ambiente, garantindo a manutenção da vida aquática até a chegada da primavera.

A água, com esse comportamento atípico, além de manter o clima, também mantém a vida nas regiões frias. Não fosse essa particularidade, a vida em nosso planeta teria se extinguido por completo durante o período de glaciação.

Nosso planeta tem cerca de 75% de sua superfície coberto pela água. Mas mesmo com essa abundância hídrica, existe a possibilidade de falta de água potável na Terra, o que já é um grande problema a ser combatido no século XXI.

2.14 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE – CTSA IV

O texto a seguir refere-se à explosiva liberação de dióxido de carbono ocorrida em 1986 no lago Nyos em Camarões e provocou muitas mortes, tanto de pessoas quanto de animais. Esta explosão que foi resultado da ausência do processo de mistura das camadas de água em diferentes temperaturas, trouxe à tona um gás sufocante e mortal, para os seres humanos e animais que que se encontravam na região.

Orienta-se que seja feita em duplas ou em pequenos grupos, a leitura do texto e em seguida a resolução da atividade de compreensão que deverá ser socializada por meio de discussões orientadas pelo professor.

O CASO DO LAGO NYOS

Adaptado a partir do Blog Le Gauss[8]

Figura 2.21: Lago Nyos em Camarões, com sua típica cor azulada antes das tragédia.
Fonte:http://edsonmelosintonia.blogspot.com.br/2014/07/tragedia-do-lago-nyos.html

As águas azuladas do lago Nyos se contrastavam com o verde da paisagem rural ao seu redor no noroeste dos Camarões, África. O que poderia ser o cenário de um conto de fadas, tornou-se cenário de filme de horror às 19h30 do dia 21 de agosto de 1986.

A comunidade que habitava a região próxima ao lago Nyos teve seu sossego perturbado por uma série de ruídos estranhos. Aproximadamente no mesmo horário uma nuvem branca se formou sobre a superfície do lago, permanecendo ali. Pouco depois, e sem aviso, uma bolha gigantesca emergiu violentamente das profundezas do lago, lançando suas águas a mais de 50 metros de altura. Em questão de segundos toda a população das redondezas, em um raio de 25 km a partir do lago, estava inconsciente. Algum tempo depois, algumas pessoas ainda estavam inconscientes, mas outras 1700 pessoas, bem como a maioria do gado que era criado ali, morreram.

Figura 2.22: Pessoas e animais que morreram num raio de vinte e cinco quilômetros, sem nenhum tipo de ferimento e sem nenhuma explicação aparente.
Fonte: http://edsonmelosintonia.blogspot.com.br/2014/07/tragedia-do-lago-nyos.html

Esta tragédia misteriosa e sem precedentes se tornou alvo de intensas investigações científicas. Muitos detalhes relacionados ao acontecimento ainda não estão claros, mas se sabe que a morte daquelas pessoas está associada à liberação de mais de 240 000 toneladas de dióxido de carbono (gás carbônico, CO_2) das águas do lago. O gás carbônico é mais denso que o ar, e ficou próximo ao solo, onde as pessoas respiravam.

O cenário

O lago Nyos tem uma área superficial de 1,48 km^2 e uma profundidade de 210 metros, em forma de cone com o fundo chato. Formas naturais de aeração permitem a entrada contínua de gás carbônico, que se dissolve na água. Toda a água do lago tem capacidade de manter dissolvido aproximadamente 1,5 km^3 de CO_2. Fazendo-se as contas com a taxa de aeração do lago e a capacidade, tem-se que em pouco mais de 20 anos, o lago estaria saturado, ou seja, todo o gás carbônico que se conseguiria dissolver no lago estaria lá, dissolvido na água.

As causas

As causas da liberação ainda não geraram unanimidade. Uma teoria muito aceita é uma chuva fria que havia caído por muitos dias no lago tivesse aumentado a densidade das águas superficiais, fazendo com que elas fossem para o fundo, deslocando as águas profundas para o único lugar aonde elas poderiam ir: para cima. Quanto mais para cima, dentro do lago, menor a coluna de água acima e, assim, menor a pressão. Quanto menor a pressão, menos gás é possível se dissolver em um líquido. Por isso que quando você abre uma garrafa de refrigerante, as bolhinhas se formam no líquido, sobem para superfície e saem dele. Por que você liberou a pressão que estava lá dentro, forçando o gás a ficar dissolvido no líquido.

À profundidade de 200 m, o máximo calculado que se consegue dissolver de CO_2 na água é 0,620 mol/L. A concentração real que havia a essa profundidade era 0,475 mol/L, e 0,475 mol/L é a concentração de saturação à profundidade de 150 m. Ou seja, qualquer água que estivesse a 200 m, caso subisse para profundidades menores que 150 m, liberaria o CO_2 em forma de gás. Por isso, acredita-se que o movimento da água fria descendo foi suficiente para deslocar a água mais profunda o pouco necessário para a liberação de uma quantidade enorme de gás. Afinal de contas, 50 m não é exatamente uma grande distância.

A química analítica do desastre

Você lembra das aulas de oxirredução? Na verdade, voltada ao que interessa aqui. O oxigênio é um agente oxidante, certo? Por isso que quando deixamos um prego exposto muito tempo ao ar, ele enferruja, porque o oxigênio do ar o oxida, formando óxido de ferro (ferrugem).

Muito bem. Na água de um lago, não temos só água e gases dissolvidos. Temos também diversas outras substâncias, em diversos estados de oxidação. Uma dessas substâncias é o ferro, presente muitas vezes como bicarbonatos e sulfitos de ferro. Os estados mais comuns do ferro são Fe(II) e Fe(III) (+2 e +3). O mais oxidado é o +3 (que perdeu 3 elétrons).

Agora vamos tratar do oxigênio dissolvido no lago. Quanto "mais rasa" a água, maior seu contato com a atmosfera e a probabilidade de oxigênio se dissolver nela. Assim, quanto menor a profundidade, mais oxigênio dissolvido na água.

Agora temos tudo para deduzir um fato interessante que ocorreu juntamente com o lançamento da bolha. Considerando que:

- o ferro está presente na água nas suas duas formas mais comuns de oxidação, +2 e +3;
- quanto mais profunda a água, menos oxigênio dissolvido, e
- o oxigênio é um agente oxidante.

O que esperamos com relação à formas do ferro presentes em certas profundidades? Esperamos que a forma mais oxidada do ferro, o Fe(III), esteja mais presente nas águas mais rasas (ambiente oxidante), e a mais reduzida, o Fe(II), mais presente nas águas profundas (ambiente redutor). Lembre-se que estamos falando de formas dissolvidas, ou seja, o ferro metálico (Fe^0) não entra no jogo.

Figura 2.23: O lago de um azulado vivo, passou a uma cor marrom-ferrugem.
Fonte:http://edsonmelosintonia.blogspot.com.br/2014/07/tragedia-do-lago-nyos.html

Então o que aconteceria com o ferro dissolvido em água mais profundas caso essa água de repente fosse para a superfície? Ele se oxidaria. E foi o que aconteceu. O ferro, presente como bicarbonato, reage com o oxigênio, se oxidando, e depois reage com a água, formando hidróxido de ferro (III) ($Fe(OH)_3$), que é vermelho. E foi assim que o lago ficou (figura 2.23), com uma cor marrom-ferrugem.

Errar uma vez é humano...

Para evitar que isso volte a acontecer (afinal de contas, a aeração do lago nunca para) hoje se realiza um projeto de retirada do excesso de gases dissolvidos do lago Nyos. O projeto de chama *Degassing Nyos* (seria algo como "desgasificando" Nyos). O que se faz é puxar água do fundo do lago, através de um tubo, com uma pequena bomba. Se puxa a água até uma certa altura em que a pressão não seja mais suficiente para manter o CO_2 dissolvido. Então, se formam bolhas, e as próprias bolhas continuam por arrastar a água para cima, sem necessidade da bomba.

Disponível em: http://legauss.blogspot.com.br/2009/03/o-caso-do-lago-nyos.html

ATIVIDADE INVESTIDATIVA VI

1- Como visto no texto, a provável causa da tragédia do lago Nyos foi uma chuva fria que caiu nas região por dias consecutivos alterando a densidade das águas da superfície. Explique como este fenômeno ocasionou uma liberação explosiva de dióxido de carbono.
2- Por que, no lago Nyos, não ocorre o processo de mistura das águas da superfície com as águas das camadas mais profundas?
3- Por que as águas do lago Nyos, que antes eram azuladas, ganharam uma tonalidade marrom-ferrugem.

2.15 AVALIAÇÃO SUGERIDA

O processo de avaliação acontecerá de forma contínua.

- Participação nas discussões: 20%
- Questões Propostas no Conteúdo I: 20%
- Atividades referente a CTSA III: 20%
- Questões Propostas no Conteúdo IV: 20%
- Atividades referente a CTSA IV: 20%

2.16 AVALIAÇÃO DA SEI N° 02

Aplicação de Questionário

Será entregue um questionário para que os alunos respondam, individualmente, avaliando o desenvolvimento da unidade didática. Esta avaliação propiciará informações que possam servir a uma apreciação crítica do trabalho pedagógico.

Quadro 2.3: Questionário de avaliação da SEI N° 02.

Queremos Sua Opinião

Não é necessário se identificar

Caro aluno analise o desenvolvimento desta sequência de ensino expressando sua opinião acerca dos seguintes aspectos.

- Exposição do conteúdo pelo professor:
- Interação da turma com o professor e dos alunos entre si:
- Uso do experimento para melhor compreensão do conteúdo abordado:
- Uso dos textos complementares:
- Resolução dos exercícios:

Fonte: Elaborado pela autora

2.17 ATENDIMENTO AOS DOCUMENTOS OFICIAIS

DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA O ENSINO MÉDIO [9]

Art. 5°

II - trabalho e pesquisa como princípios educativos e pedagógicos, respectivamente;

V - indissociabilidade entre educação e prática social, considerando-se a historicidade dos conhecimentos e dos sujeitos do processo educativo, bem como entre teoria e prática no processo de ensino-aprendizagem

VI- integração de conhecimentos gerais e, quando for o caso, técnico-profissionais realizada na perspectiva da interdisciplinaridade e da contextualização.

§ 2º A ciência é conceituada como o conjunto de conhecimentos sistematizados, produzidos socialmente ao longo da história, na busca da compreensão e transformação da natureza e da sociedade.

§ 3º A tecnologia é conceituada como a transformação da ciência em força produtiva ou mediação do conhecimento científico e a produção.

Art. 6º

O currículo é conceituado como a proposta de ação educativa constituída pela seleção de conhecimentos construídos pela sociedade, expressando-se por práticas escolares que se desdobram em torno de conhecimentos relevantes e pertinentes, permeadas pelas relações sociais, articulando vivências e saberes dos estudantes e contribuindo para o desenvolvimento de suas identidades e condições cognitivas e sócio-afetivas.

Art. 8º

§ 2º A organização por áreas de conhecimento não dilui nem exclui componentes curriculares com especificidades e saberes próprios construídos e sistematizados, mas implica no fortalecimento das relações entre eles e a sua contextualização para apreensão e intervenção na realidade, requerendo planejamento e execução conjugados e cooperativos dos seus professores.

Art. 12º

I - garantir ações que promovam:

c) a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania;

II - adotar metodologias de ensino e de avaliação de aprendizagem que estimulem a iniciativa dos estudantes;

III - organizar os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação de tal forma que ao final do Ensino Médio o estudante demonstre:

a) domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna;

b) conhecimento das formas contemporâneas de linguagem.

Art. 14º

IX - os componentes curriculares devem propiciar a apropriação de conceitos e categorias básicas, e não o acúmulo de informações e conhecimentos, estabelecendo um conjunto necessário de saberes integrados e significativos.

XIII - a interdisciplinaridade e a contextualização devem assegurar a transversalidade do conhecimento de diferentes componentes curriculares, propiciando a interlocução entre os saberes e os diferentes campos do conhecimento.

PCN+ - ENSINO MÉDIO [10]

- As competências gerais no aprendizado das Ciências da Natureza e da Matemática

Respeitando a diversidade das ciências, conduzir o ensino dando realidade e unidade é compreender que muitos aprendizados científicos devem ser promovidos em comum, ou de forma convergente, pela Biologia, pela Física, pela Química e pela Matemática, a um só tempo reforçando o sentido de cada uma dessas disciplinas e propiciando ao aluno a elaboração de abstrações mais amplas.

- Linguagens partilhadas pelas Ciências

Análise e interpretação de textos e outras comunicações.

Consultar, analisar e interpretar textos e comunicações de ciência e tecnologia veiculados por diferentes meios.

Elaboração de comunicações.

Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências.

Discussão e argumentação de temas de interesse.

Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia.

Relações entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e interáreas.

Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.

- Da contextualização no ensino das ciências

Ciência e tecnologia na história: Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social.

Ciência e tecnologia na cultura contemporânea: Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea.

Ciência e tecnologia na atualidade: Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social.

Ciência e tecnologia, ética e cidadania: Reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania

- As competências em Física

Acompanhar o noticiário relativo à ciência em jornais, revistas e notícias veiculadas pela mídia, identificando a questão em discussão e interpretando, com objetividade, seus significados e implicações para participar do que se passa à sua volta.

Compreender e emitir juízos próprios sobre notícias com temas relativos à ciência e tecnologia, veiculadas pelas diferentes mídias, de forma analítica e crítica, posicionando-se com argumentação clara.

Fazer uso de formas e instrumentos de medida apropriados para estabelecer comparações quantitativas.

Compreender a necessidade de fazer uso de escalas apropriadas para ser capaz de construir gráficos ou representações.

Compreender o desenvolvimento histórico da tecnologia, nos mais diversos campos, e suas consequências para o cotidiano e as relações sociais de cada época, identificando como seus avanços foram modificando as condições de vida e criando novas necessidades.

Acompanhar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo.

Compreender a responsabilidade social que decorre da aquisição de conhecimento.

Reconhecer, em situações concretas, a relação entre Física e ética.

MATRIZ DE REFERÊNCIA PARA O ENEM 2009 [11]

- Matriz de referência de Matemática e suas Tecnologias .

Competência de área 3 - Construir noções de grandezas e medidas para a compreensão da realidade e a solução de problemas do cotidiano.

H11 - Utilizar a noção de escalas na leitura de representação de situação do cotidiano.

H12 - Resolver situação-problema que envolva medidas de grandezas.

H13 - Avaliar o resultado de uma medição na construção de um argumento consistente.

Competência de área 4 - Construir noções de variação de grandezas para a compreensão da realidade e a solução de problemas do cotidiano.

H15 - Identificar a relação de dependência entre grandezas.

H16 - Resolver situação-problema envolvendo a variação de grandezas, direta ou inversamente proporcionais.

H17 - Analisar informações envolvendo a variação de grandezas como recurso para a construção de argumentação.

Competência de área 6 - Interpretar informações de natureza científica e social obtidas da leitura de gráficos e tabelas, realizando previsão de tendência, extrapolação, interpolação e interpretação.

H26 - Analisar informações expressas em gráficos ou tabelas como recurso para a construção de argumentos.

- Matriz de referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

H2 – Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro, com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.

H4 – Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.

Competência de área 4 – Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

H13 – Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

2.18 REFERÊNCIAS

[1] LAB VIRT. USP. Simulação Rede Elétrica. Laboratório Didático Virtual. Universidade de São Paulo. Disponível em: http://www.labvirt.fe.usp.br/simulacoes/fisica/sim_termo_rede.htm. Último aceso em 16 de Mai. 2016.

[2] SILVA, Jair Sandro Ferreira da. SOBRE O PROBLEMA DA VARIAÇÃO DE TEMPERATURA DE UM CORPO. Connection Line. Revista Eletrônica na UNIVAG. Número 5. 2010. p 44-55. Disponível em: www.periodicos.univag.com.br/index.php/CONNECTIONLINE/.../372. Último acesso em 16 de Mai. 2016.

[3] SERWAY, Raymond A. Princípios de Física: movimento ondulatório e termodinâmica. Raymond A. Serway, John W. Jewett, Jr.; tradução Leonardo Freire de Melo, Tânia M. V. Freire de Melo. Revisão técnica André Koch Torres Assis. São Paulo. 2006

[4] G1. Concessionária diz que vão na Ponte Rio-Niterói é necessário. Portal Globo. Disponível em: http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2014/04/concessionaria-diz-que-rachadura-na-ponte-rio-niteroi-e-necessaria.html. Último acesso em 16 de Mai. 2016.

[5] GUIMARÃES, Osvaldo. Física/ Osvaldo Guimarães, José Roberto Piqueira, Wilson Carron. – 1. Ed. – São Paulo: Ática, 2013.

[6] BAIMA, Cesar. Lua de Plutão ‘rasgou’ superfície como o ‘Hulk’ faz com as roupas. O Globo. Disponível em: http://oglobo.globo.com/sociedade/ciencia/lua-de-plutao-rasgou-superficie-como-hulk-faz-com-as-roupas-18716895#ixzz48moW6yER. Último acesso em 16 de Mai. 2016.

[7] BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Exame Nacional do Ensino Médio. Prova Ciências da Natureza. Física. 2013.

[8] BLOG LE GAUSS. O caso do Lago Nyos. 3 de março de 2009. Disponível em: http://legauss.blogspot.com.br/2009/03/o-caso-do-lago-nyos.html. Último acesso em 16 de Mai. 2016.

[9] BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio. Conselho Nacional de Educação Câmara de Educação Básica. Brasília, 2012.

[10] BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. PCN+ Ensino Médio. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2002.

[11] BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Matriz de referência para o Enem 2009. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Brasília, 2009.

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA – SEI N° 03

3.1 VISÃO GERAL

Esta é a Terceira Sequência de Ensino Investigativa (SEI N° 03) do produto educacional **Física Térmica com Ênfases Curriculares em CTS(A) e Ensino por Investigação: guia de orientação para o professor**. A temática abordada contempla a discussão acerca da natureza e dos mecanismos de propagação do calor – condução, convecção e radiação térmica. O processo de construção do conhecimento científico é destacado logo na etapa de problematização, trazendo um experimento simples que permite sondar, através das respostas dos estudantes, suas percepções acerca da relação entre calor e trabalho mecânico. Em seguida são discutidas as ideias de flogisto e calórico, ambas propostas para explicar a natureza do calor.

Os fundamentos e aplicações dos mecanismos de propagação do calor são discutidos a partir da compreensão do calor como energia térmica *em trânsito* devido a uma diferença de temperatura.

A abordagem em Ciência-Tecnologia-Sociedade-Ambiente (CTSA) é inserida a partir de três textos de apoio que discutem respectivamente a aplicação do conceito de condutividade térmica no processo de alisamento térmico capilar; a compreensão do fenômeno de inversão térmica a partir da compreensão principalmente do conceito de convecção; e a formação das ilhas de calor explicadas através dos conceitos de condução, convecção e radiação térmica.

O tempo de aula é utilizado para: (i) contemplar a exploração e o aprimoramento das concepções espontâneas dos alunos a fim de incorporar os conceitos científicos; (ii) discutir aspectos históricos referentes a evolução do conceito de calor, aspectos estes que

evidenciem o processo de construção do conhecimento científico; (iii) realizar experimentos Ao desenvolvimento histórico do conceito de calor ou à construção da moderna ciência do calor (a termodinâmica); (iv) organizar os conteúdos e suas aplicações em situações que realçam os mecanismos de propagação do calor em aparatos tecnológicos integrados à sociedade e nas ações em defesa do meio ambiente.

3.2 MATERIAIS E RECURSOS

- Cópia dos textos de apoio, textos complementares e demais atividades a serem empreendidas em sala de aula;
- Termômetros;
- Vela e fósforo (ou isqueiro) para acendê-la;
- Lousa da sala e pincel marcador;
- Projetor multimídia (para exibição de slides digitais);

3.3 DISCIPLINAS CONTEMPLADAS

- Física: no tratamento de conteúdos conceituais específicos desta sequência de ensino.
- Matemática: na formalização matemática dos conceitos e utilização de equações para resolução de problemas.
- História: nos textos de apoio e nas discussões envolvendo aspectos históricos da construção do conhecimento.
- Português: na utilização por leitura, compreensão e interpretação dos textos, e na elaboração escrita das argumentações para as respostas dos questionários.
- Química: nas discussões acerca da estrutura capilar e das ligações iônicas e de hidrogênio presentes nas moléculas de queratina.
- Biologia: na abordagem acerca da problemática ambiental decorrente do fenômeno de inversão térmica e na formação das ilhas de calor.

3.4 CONCESSÃO DE TEMPO SUGERIDA

Esta sequência de ensino está organizada para ser ministrada em um tempo de quatro aulas, de 40 minutos cada uma, distribuídas conforme Cronograma no quadro abaixo. No entanto, devemos lembrar que cada aplicação apresentará suas particularidades que poderão influenciar em sua duração.

Quadro 3.1: Roteiro sugerido para implementação da SEI N° 03.

Aula	Roteiro Sugerido	
Aula 01	**Pare e pense Experimentação** *(10 minutos)*	- Realização do experimento e Resolução da questão *(10 minutos)*
	Organização do Conteúdo I *(30 minutos)*	- Leitura e discussão do texto: **Natureza do calor** e **Calor e Energia Interna** (15 minutos) - Resolução das Questões pelos alunos: **Atividade investigativa I** (15 minutos)
Aula 02	**Organização do Conteúdo I** *(10 minutos)*	- Explanação do conteúdo: **Condução** *(10 minutos)*
	CTSA I *(30 minutos)*	- Leitura e discussão do texto: **Alisamento térmico capilar** *(15 minutos)* - Resolução das Questões pelos alunos: **Atividade investigativa II** *(15 minutos)*
Aula 03	**Organização do Conteúdo II** *(10 minutos)*	- Explanação do conteúdo: **Convecção** *(10 minutos)*
	CTSA II *(30 minutos)*	- Leitura e discussão do texto: **Inversão Térmica e Poluição Atmosférica** *(15 minutos)* - Resolução das Questões pelos alunos: **Atividade investigativa III** *(15 minutos)*
Aula 04	**Organização do Conteúdo III** *(10 minutos)*	- Explanação do conteúdo: **Radiação** *(10 minutos)*
	CTSA III *(30 minutos)*	- Leitura e discussão do texto: **Ilhas de Calor** *(15 minutos)* - Resolução das Questões pelos alunos: **Atividade investigativa IV** *(15 minutos)*

Fonte: Elaborado pela autora

3.5 PARE E PENSE

ATIVIDADE INVESTIGATIVA I

Experimentação

Realiza-se um experimento simples cuja intenção é sondar os conhecimentos prévios dos alunos acerca da natureza do calor, ou seja, se eles conseguem perceber a relação entre calor e trabalho mecânico.

Pegue um termômetro e anote a temperatura ambiente registrada. Esfregue a parte sensível do termômetro em sua roupa por alguns segundos. Anote a nova temperatura registrada no termômetro.

Por que a temperatura aumentou?

3.6 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO - I

O texto “Natureza do calor”, que deverá ser lido em sala de aula, com discussões orientadas pelo professor, explora desde o flogisto e o calórico – substâncias bizarras propostas para explicar a natureza do calor e como as mesmas foram descartadas – até as constatações das relações existentes entre trabalho mecânico e calor.

A intencionalidade das questões propostas é analisar se os estudantes perceberam o que diferencia os três modelos para o calor, apresentados no texto e se, com isso, podem explicar o experimento inicial.

NATUREZA DO CALOR

Texto adaptado de Gleiser (2014)[1]

A natureza do calor era um mistério que desafiava cientistas há séculos. A dificuldade vinha de relacionar o calor com a combustão, o processo de queima de uma substância. Primeiro surgiu a ideia do **flogisto** – originalmente proposto em 1667 pelo alquimista e médico alemão Johann Joachim Becker e depois aperfeiçoada pelo também médico alemão Georg Ernest Stahl –, uma substância meio mágica, supostamente responsável pela combustão. Segundo Becker, as chamas apareciam quando as substâncias em combustão liberavam flogisto; uma substância sem flogisto não queimava. A hipótese foi questionada quando se verificou que metais ganham peso ao serem queimados. Cientistas responderam atribuindo propriedades cada vez mais exóticas ao flogisto. Segundo alguns, tinha peso *negativo*, enquanto, segundo outros, era mais leve que o ar. Essa tendência não é incomum em ciência: quando uma ideia atraente começa a falhar, hipóteses cada vez mais estranhas e excêntricas são propostas para salvá-la. Quanto maior o desespero dos cientistas, mais exóticas são as hipóteses. Apenas em 1783 quando os experimentos do grande químico Antoine-Laurent-Lavoisier demonstraram que a combustão requer a presença de um gás com peso (o oxigênio) e que em toda reação química a massa total dos reagentes permanece constante, é que o flogisto foi abandonado.

Tendo explicado a combustão, mas ainda confuso com relação à natureza do calor, Lavoisier propôs a existência de uma nova substância: o **calórico**. Para tal, sugeriu que o fluxo natural de calor de um corpo quente para um corpo frio era devido ao fluxo de calórico. Dado que a massa total em uma reação química é constante, Lavoisier sugeriu que o calórico não tivesse massa e que sua quantidade total no universo fosse conservada. Com isso, várias explicações sobre as propriedades do calor foram propostas – todas erradas –, mesmo que aparentemente razoáveis. Por exemplo, uma xícara de chá quente se esfria porque o calórico, tendo maior densidade em regiões quentes e se autorrepelindo tende naturalmente a fluir para regiões mais frias (no caso da xícara para o ar à sua volta). O calórico era uma espécie de éter com a habilidade de fluir de um ponto a outro do espaço, uma entidade sem massa que, apesar de extremamente exótica, foi bastante efetiva na explicação de uma série de fenômenos naturais.

A hipótese do calórico encontrou seu primeiro desafio no trabalho do conde Rumford, um personagem com uma história digna de um épico de Hollywood. Em um dos seus vários empregos, após fugir dos EUA por ser simpatizante do governo britânico colonizador, Rumford gerenciou a produção de armas de um nobre da Bavária, em particular supervisionando a produção de canhões. Nessa atividade, uma broca enorme perfurava um bloco cilíndrico de metal, enquanto água era usada para resfriar o calor liberado pela fricção da broca com o metal. Rumford notou que, enquanto a perfuração continuava, o metal continuava a gerar calor e a água continuava a ferver (Figura 3.1). Em 1798 escreveu, em suas observações: "qualquer coisa que um corpo isolado, ou um sistema de corpos, continua a gerar sem limitação não pode ser uma substância material." Rumford sugeriu que não era a transferência de calórico que proporcionava o fluxo de calor, mas a fricção entre a broca e o metal. O calor, conjecturou, era matéria em movimento e não uma substância. Embora as ideias de Rumford tivessem sido inicialmente rejeitadas pela comunidade científica, seu experimento plantou as sementes da interpretação do calor como uma propriedade das substâncias e não como uma substância em si.

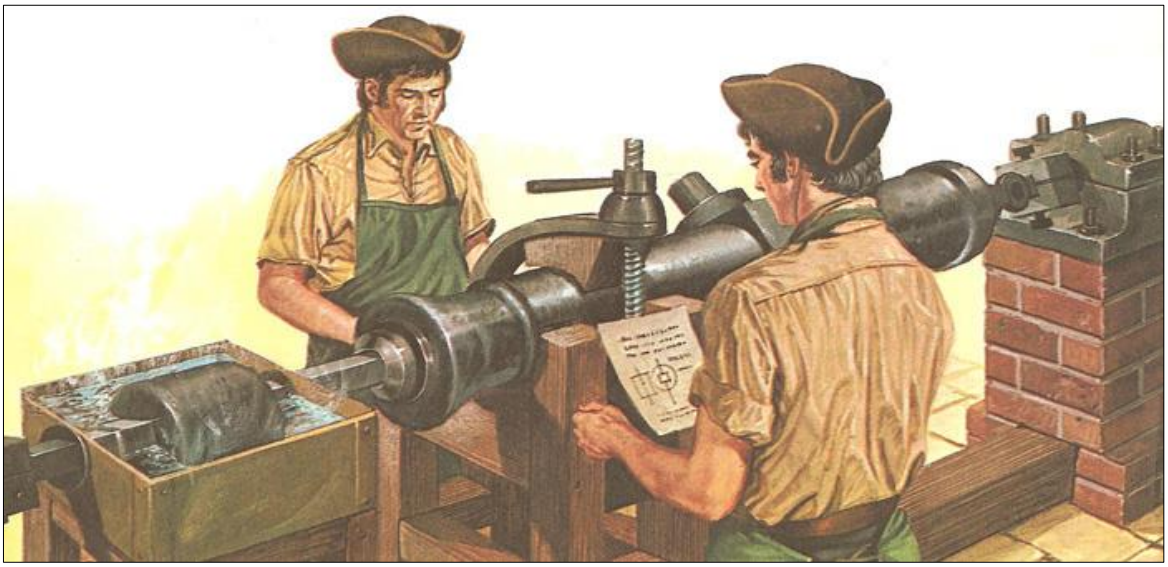


Figura 3.1: A máquina para perfuração de canhão adaptada pelo conde Rumford para suas experiências de calor.
Fonte: http://www.daviddarling.info/encyclopedia/R/Rumford.html

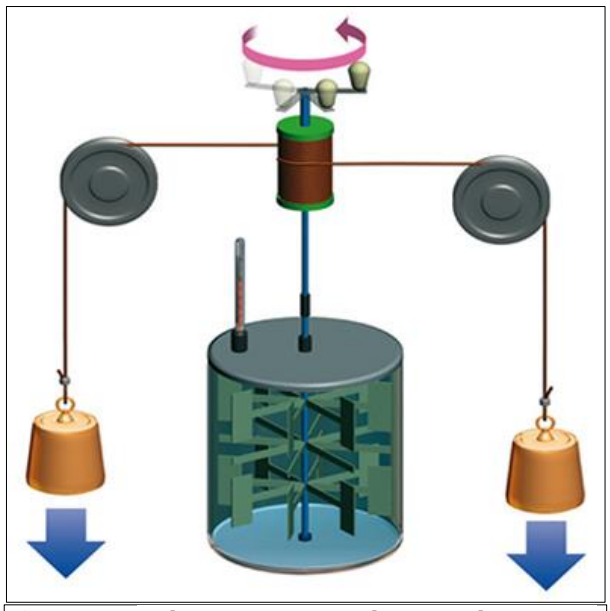


Figura 3.2: O dispositivo inventado por Joule consistia em duas massas presas por um fio passando por duas roldanas. ***Fonte:*** *http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/experiencia-joule.htm*

O segundo desafio contra a hipótese do calórico, posto por James Prescott Joule, foi fatal. Joule projetou uma série de experimentos para determinar quantitativamente como o trabalho mecânico pode aumentar a temperatura de um meio. Para tal, Joule usou um sistema de hélices imersas em água. As hélices agitavam a água, aumentando assim sua temperatura, ou seja, parte da energia mecânica utilizada para agitar a água era transformada no calor que se percebia pelo aumento da temperatura. Joule conseguiu equacionar o aumento de um grau na temperatura ao trabalho mecânico realizado pelas hélices (Figura 3.2). (Ele usou um peso atrelado a uma corda, cuja extremidade era ligada à hélice. Deixando o peso cair de uma certa altura Joule fazia a hélice girar e podia, assim, calcular a quantidade de trabalho mecânico transferido das hélices para a água.) Com o giro da hélice, as moléculas de água eram agitadas e sua temperatura média aumentava, como havia proposto John James Waterson, em 1845: ao aquecermos um gás, o aumento de sua temperatura, se deve ao aumento na velocidade média de suas moléculas. Calor e movimento estão, sem dúvida, intimamente relacionados.

A ascensão e queda do flogisto e do calórico são uma excelente ilustração de como a ciência funciona. Ao tentar descrever uma classe de fenômenos naturais, cientistas criam hipóteses que defendem arduamente. E assim deve ser, já que, quanto mais promissora uma ideia, mais paixão incita. No entanto, toda hipótese científica deve ser submetida a testes empíricos e funciona até ser provada errônea ou insuficiente em sua abrangência. Uma explicação pode até descrever os dados satisfatoriamente ("salvar o fenômeno" como diria Platão), mesmo sem ter qualquer relação com a realidade. O flogisto e, mais ainda, o calórico, descreveriam bem a combustão e o fluxo de calor, mesmo se inexistentes.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA II

1. Qual a diferença entre flogisto e calórico – substâncias imaginadas para descrever o calor?
2. Qual a relação entre o calor e o aumento de temperatura observado no termômetro quando ele é esfregado na roupa?
3. Capacite-se para descrever com suas palavras o experimento de Joule descrito no texto.

CALOR E ENERGIA INTERNA

Adaptado de Serway (2006)[2]

Como você já sabe, a matéria possui componentes microscópicos – átomos e moléculas. A energia associada a esses componentes quando vistos a partir de um referencial em repouso em relação a um dado sistema, denomina-se **energia interna**. Inclui a energia cinética e a energia potencial associada com o movimento aleatório translacional, rotacional e vibracional dos átomos ou das moléculas que compõem o sistema, bem como a energia potencial intermolecular.

O trabalho feito sobre (ou por) um sistema é uma medida da quantidade de energia transferida entre o sistema e seus arredores, enquanto a energia mecânica do sistema (cinética ou potencial) é uma consequência do seu movimento e de suas coordenadas. Assim, quando um agente externo realiza trabalho sobre um sistema a energia é transferida desse agente para o sistema. A energia transferida entre um sistema e seu ambiente por causa de uma diferença de temperatura entre eles, denomina-se **calor**.

CONDUÇÃO

Adaptado a partir de texto do Portal GEF-UFMS[3]

A transferência de energia de um ponto a outro, por efeito de uma diferença de temperatura, pode se dar por condução, convecção e radiação. Condução é o processo de transferência de energia através de um meio material, sob o efeito de diferenças de temperatura e sem transporte de matéria.

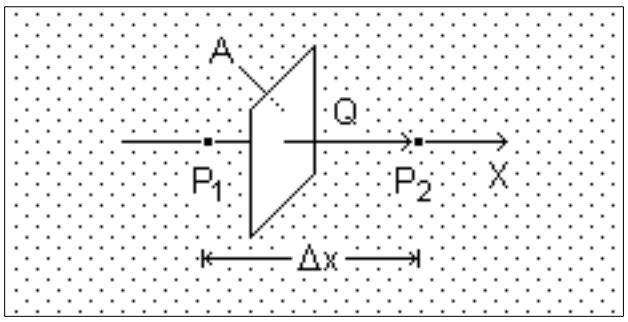


Figura 3.3: ***Transferência de energia através de um meio material de P_1 a P_2.***
Fonte: ***Texto do Portal GEF-UFMS***

Consideremos, num certo meio material, dois pontos P_1 e P_2, muito próximos um do outro (Figura 3.3). O ponto P_1 está na posição x_1 e tem temperatura t_1 e o ponto P_2 está na posição x_2 e tem temperatura t_2, sendo $t_2 < t_1$. Como os pontos estão muito próximos um do outro, a distância de separação, $\Delta x = x_2 - x_1$, e a diferença de temperatura, $\Delta t = t_2 - t_1$, são pequenas. Devido à diferença de temperatura, existe transferência de energia do ponto P_1 para o ponto P_2.

Consideremos, agora, certa quantidade Q de energia, que leva um intervalo de tempo $\Delta\tau$ para atravessar uma superfície de área A perpendicular à direção de propagação da energia. Definimos fluxo de energia como a quantidade de energia que passa através da superfície perpendicular de área A por unidade de área e por unidade de tempo:

$$\varphi_Q = \frac{Q}{A\Delta\tau}$$

O fluxo de energia do ponto P_1 para o ponto P_2 é proporcional à diferença de temperatura e inversamente proporcional à distância entre eles:

$$\frac{Q}{A\Delta\tau} = -k\,\frac{\Delta t}{\Delta x}$$

O sinal negativo expressa o fato de que a energia flui sempre da região de maior temperatura para a de menor temperatura. Assim, se o gradiente, ou taxa de variação espacial de temperatura $\frac{\Delta t}{\Delta x}$ for negativo, isto é, se a temperatura diminui num dado sentido ao longo da direção de propagação da energia, então, nesta direção e neste sentido, o fluxo de energia é positivo.

A constante de proporcionalidade positiva k, característica do meio, é chamada condutividade térmica. Materiais diferentes têm condutividades térmicas diferentes. A tabela abaixo apresenta os valores da condutividade térmica para alguns materiais.

Tabela 3.1: Condutividade térmica de alguns materiais

Material	k (kcal /s.m °C)
Cobre	$9{,}2 \cdot 10^{-2}$
Alumínio	$4{,}9 \cdot 10^{-2}$
Aço	$1{,}1 \cdot 10^{-2}$
Água	$1{,}3 \cdot 10^{-4}$
Vidro	$2{,}0 \cdot 10^{-4}$
Madeira	$2{,}0 \cdot 10^{-5}$
Flanela	$2{,}0 \cdot 10^{-5}$
Cortiça	$1{,}0 \cdot 10^{-5}$
Ar	$5{,}7 \cdot 10^{-6}$

Fonte: ***Texto do Portal GEF-UFMS***

Os metais são bons condutores de calor, o que significa que são ágeis em transportar energia devido a diferenças de temperatura. Os líquidos de modo geral, o vidro, a madeira, a flanela e a porcelana são maus condutores e os gases são os piores condutores. Os líquidos e os gases, embora sejam maus condutores, podem transferir energia por convecção. Os materiais cuja condutividade é muito baixa, como os gases, por exemplo, são chamados isolantes térmicos.

Embora os tecidos das roupas e cobertores sejam isolantes térmicos, é principalmente o ar entre as camadas de tecido que impede o corpo de perder energia por calor.

3.8 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE - CTSA I

O texto a seguir traz exemplos de aplicações dos fundamentos da condutividade térmica dos materiais - seu emprego no processo de **alisamento térmico capilar**, uma técnica que vem se desenvolvendo desde o século XIX.

Orienta-se que seja feita em duplas ou em pequenos grupos, a leitura do texto e em seguida a resolução da atividade de compreensão que deverá ser socializada por meio de discussões orientadas pelo professor

ALISAMENTO TÉRMICO CAPILAR

Compilado[4], [5], [6], [7] pela autora

O alisamento térmico capilar é um processo físico-químico de efeito temporário, por tratar-se de uma quebra temporária na estrutura tridimensional das moléculas de queratina, substância que representa até 85% da composição do cabelo. Existem muitas interações entre os aminoácidos presentes na queratina. Quanto mais intensas as interações e quanto mais interações mais enrolado será o cabelo. Interações entre os átomos de hidrogênio e os átomos de flúor, nitrogênio e enxofre são o tipo mais forte de interação, porém mais fracas que uma ligação química[4].

O calor pode ser usado para quebrar as ligações iônicas e as pontes de hidrogênio, resultando em uma torção na estrutura dos fios, que aquecidos sob tensão, passam da forma espiralada (cachos) para a forma lisa. Quando o cabelo é submetido à umidade, essas interações são restabelecidas e novamente temos o formato espiralado do cabelo[5]. Acontece da seguinte forma:

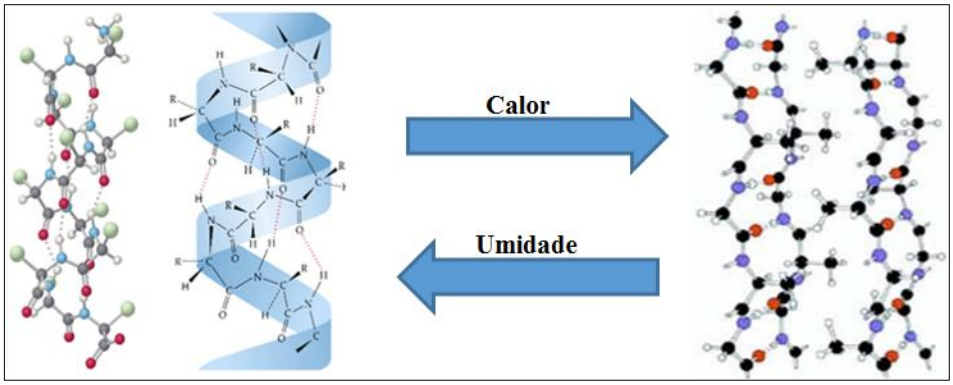


Figura 3.4: Representação esquemática da transformação da alfa-queratina em beta-queratina e vice-versa.
Fonte: http://dequimicanocabelo.blogspot.com.br/p/alisamento-t.html

A evaporação da água que faz parte da constituição do fio capilar ocorre a 135°C, ocasionando a desnaturação da queratina. Quando a temperatura da chapinha é mantida abaixo de 230°C ela consegue apenas remover a umidade, rompendo as pontes de hidrogênio e dando um novo formato para o fio, já acima de 350°C ocorre dano total ao fio de cabelo.[6]

No século XIX, as mulheres utilizavam toalhas molhadas em água fervente e barras de ferro aquecidas em carvão para alisar suas madeixas. Não podendo regular a temperatura das barras de ferro, a temperatura adequada para o alisamento era testada diretamente nos fios e como o ferro tem uma alta condutividade térmica, corriam o risco de sofrerem queimaduras e/ou fritarem os fios.

Essa técnica tem evoluído ao longo dos anos e mais especialmente a partir do século XX. O primeiro pente alisador foi inventado por Marcel Grateau em 1872, era um pente metálico que deveria ser aquecido a carvão. Em 1906, o engenheiro americano Simon E. Monroe criou um pente elétrico de ferro que era ligado na tomada, três anos depois, seu conterrâneo Isaak K. Shero, também engenheiro, inventou o *flat iron*, um protótipo da atual chapinha, que era aquecido em fogareiros. Em 1912, a francesa Jennifer Bell Schofield aperfeiçoou os modelos anteriores criando um aparelho feito de duas placas de ferro aquecidas e unidas por uma dobradiça. [7]

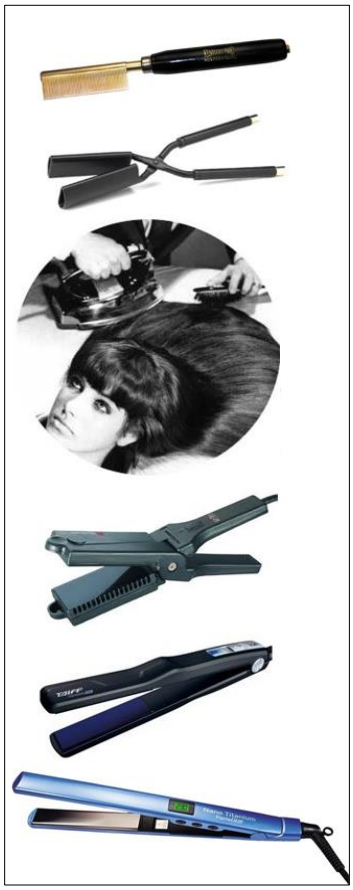


Figura 3.5: Métodos de alisamento térmico ao longo do tempo.
Fonte: Compilado pela autora

As chapinhas elétricas, como conhecemos hoje, surgiram na década de 1980 fazendo bastante sucesso entre as mulheres de classes sociais com maior poder aquisitivo. Outras, chegavam a alisar as madeixas diretamente com o ferro de passar roupas. Até então, usando metais de altas condutividade térmica submetidos a altas variações de temperatura e sem tecnologia para controlar tal variação.

Atualmente, as chapinhas já podem ser adquiridas mais facilmente e além de uma grande diversidade de preços há também uma diversidade de materiais utilizados na cobertura das chapas: cerâmica, turmalina, safira e titânio - materiais de baixa condutividade térmica que além de ajudarem a manter a temperatura para não fritar os fios, traz outras vantagens, tais como eliminar a eletricidade estática dos fios por meio da emissão de íons negativos e alguns modelos permitem uma regulação da temperatura das placas para evitar a desnaturação proteica do cabelo - fenômeno que ocorre com proteínas, ocasionado por excesso de calor.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA III

1. O que acontece com o cabelo no processo de alisamento térmico?

2. Qual a diferença entre as chapas de ferro, usadas inicialmente para alisar o cabelo e as atuais chapas com cobertura de cerâmica, turmalina, safira e titânio?

3. Compare o fluxo de calor que passa por uma chapa de ferro (k = 40 kcal/h.m°C) e uma de cerâmica (k= 0,40 kcal/h.m°C), ambas medindo 3,0 cm de largura, 7,0 cm de comprimento e 0,25 cm de espessura, inicialmente à temperatura ambiente de 28 °C e submetidas a uma temperatura final de 190 ºC. Em seguida argumente qual chapa irá danificar mais o fio de cabelo.

Orientação de pesquisa em textos complementares:

- Queratina

Disponível em: http://www.infoescola.com/bioquimica/queratina/

- Ligação de Hidrogênio:

Disponível em: http://www.infoescola.com/quimica/ligacao-de-hidrogenio/

- Ligação iônica eletrovalente

Disponível em: http://www.infoescola.com/quimica/ligacao-ionica-eletrovalente/

3.9 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO II

CONVECÇÃO

Adaptado a partir de texto do Portal GEF-UFMS [8]

A convecção é o processo de transferência de energia através do movimento de matéria, por efeito de uma diferença de temperatura. A convecção ocorre tipicamente em fluidos (líquidos e gases).

Se uma região de um fluido está em contato com uma fonte de energia, a temperatura da porção de fluido dessa região aumenta e, portanto, aumenta também o seu volume. Com isso, o módulo do empuxo que atua sobre essa porção fica maior do que o módulo do seu peso e ela se eleva em relação ao resto da massa de fluido. O espaço deixado para trás pela porção de fluido que se eleva é ocupado por uma outra porção de fluido, que vem da vizinhança e que tem temperatura mais baixa. Se a fonte de energia continua atuando na mesma região, a temperatura desta outra porção de fluido aumenta e aumenta também o seu volume. Com isso, o módulo do empuxo que atua sobre essa outra porção fica maior do que o módulo do seu peso e ela também se eleva em relação ao resto da massa de fluido. O espaço deixado para trás por essa porção de fluido que se eleva é ocupado por uma outra porção de fluido, que vem da vizinhança e que tem temperatura mais baixa. Enquanto permanecer a fonte de energia, o processo se repete com outras porções do fluido e o resultado é o aparecimento das *correntes de convecção*.

Levando em conta o modo como se estabelecem as correntes de convecção, podemos compreender, por exemplo, a posição em que deve ser colocado, em um cômodo, um aparelho condicionador de ar para maximizar sua eficiência em dada estação do ano. Podemos compreender também a direção e o sentido da brisa do mar.

A Brisa do Mar

Durante o dia, uma brisa sopra do mar para a terra. A radiação proveniente do Sol passa através do ar quase sem ser absorvida e incide sobre a terra e sobre o mar. Devido a essa radiação, a temperatura do ar não se altera, mas a temperatura da terra e a temperatura do mar aumentam. O calor específico da terra é menor do que o calor

específico da água do mar e, por isso, absorvendo quantidades iguais de energia, a elevação da temperatura da terra é maior do que a elevação de temperatura do mar.

Assim, a diferença de temperatura da terra para o ar sobre ela fica maior do que a diferença de temperatura do mar para o ar sobre ele. A quantidade de energia que passa da terra para o ar sobre ela é maior do que a quantidade de energia que passa do mar para o ar sobre ele, no mesmo intervalo de tempo. A temperatura do ar sobre a terra aumenta mais rapidamente do que a temperatura do ar sobre o mar. O volume do ar sobre a terra aumenta mais rapidamente e se eleva primeiro, deixando um espaço vazio que é preenchido pelo ar que estava sobre o mar. O processo se repete continuamente e, assim, a brisa se estabelece.

Durante a noite, uma brisa sopra da terra para o mar. A terra perde energia mais rapidamente que o mar. Sem a radiação proveniente do Sol, a temperatura da terra diminui mais rapidamente que a temperatura do mar. A diferença de temperatura da terra para o ar sobre ela fica menor do que a diferença de temperatura do mar para o ar sobre ele. A quantidade de energia que passa do mar para o ar sobre ele é maior do que a quantidade de energia que passa da terra para o ar sobre ela, no mesmo intervalo de tempo. A temperatura do ar sobre o mar aumenta mais rapidamente do que a temperatura do ar sobre a terra. O volume do ar sobre o mar aumenta mais rapidamente e se eleva primeiro, deixando um espaço vazio que é preenchido pelo ar que estava sobre a terra. O processo se repete continuamente e, assim, a brisa se estabelece.

A formação desse tipo de brisa acontece também em regiões de lagos, açudes e barragens.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA IV

1. (CREF) Se uma pessoa coloca a mão acima de uma chama vai sentir mais calor (e pode até se queimar) do que se colocar a mão ao lado dela, a mesma distância. Qual a explicação para isso?

2. (CREF) Por que quando deitamos um vela acesa sua chama não deita junto? (Sugere-se que o experimento seja feito em sala de aula).

3. Por que os aparelhos de ar-condicionado devem ser colocados na parte de cima dos ambientes a serem refrigerados?

4. Em que direção sopra a brisa marinha?

a) pela manhã;
b) à noite.

3.10 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE - CTSA II

A INVERSÃO TÉRMICA E A POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Da redação do site Pensamento Verde [9]

Processo provoca inversão das massas de ar quentes e frias que acabam aumentando a concentração de poluição próxima ao solo.

A inversão térmica é um fenômeno atmosférico que altera a convecção natural, que nada mais é do que o movimento de moléculas. A convecção faz com que o ar próximo à superfície do solo esteja em constante movimentação vertical de troca de temperatura do ar.

A convecção natural ou fluxo normal funciona da seguinte forma:

• A radiação solar aquece a superfície do solo. Essa ação faz com que o solo, o ar e as águas passem a receber mais calor, assim elevando sua temperatura;

• Como o ar quente é menos denso que o ar frio, começa a trocar de lugar com a camada de ar que está acima dele, de ar mais frio;

• Acontece então o movimento vertical ascendente, onde o ar quente sobe;

• Com isso, também ocorre o movimento vertical descendente, em que o ar frio desce;

• A medida que o ar quente sobe uma camada, ele vai se resfriando. E o ar frio que desceu para superfície começa a ser aquecido;

• Assim, o ciclo se repete entre essas duas camadas, deixando uma terceira camada, acima delas, mais fria ainda.

Esse é o processo constante de trocas por correntes de convecção. A inversão térmica ocorre quando condições desfavoráveis conseguem alterar a disposição das camadas na atmosfera.

Isso resulta em uma camada fria de ar próxima a superfície, uma camada de ar mais quente no meio e uma outra camada de ar frio acima. Normalmente é causada durante o inverno, onde há um resfriamento do solo. Também pode ser causada por um rápido aquecimento das camadas superiores da atmosfera.

Nesse caso, a camada de ar quente funciona como um bloqueio, impedindo as trocas e movimentos verticais de convecção. Como? O ar frio próximo ao solo não sobe porque é o mais denso e o ar quente que lhe está por cima não desce, porque é o menos denso.

E as consequências disso? As fumaças e os gases produzidos por indústrias e veículos não se dispersam pelas correntes verticais como acontece no fluxo normal. Os rolos de fumaça das chaminés assumem posição horizontal, ficando nas proximidades do solo e, com isso, a cidade fica tomada por uma "neblina" e a concentração de substâncias tóxicas aumenta drasticamente.

O resultado disso é um aspecto mais acinzentado da paisagem que é facilmente observado em grandes metrópoles e polos industriais.

Para se ter uma ideia da gravidade desse fenômeno na era industrial, a primeira grande inversão térmica ocorreu em Londres em 1952. Naquela época, o principal poluente era o carvão mineral (que ainda é bastante utilizado atualmente), sendo responsável por uma camada de poluição prolongada com a presença de enxofre que causou a morte de 4 mil pessoas.

No ano de 2007 ocorreram duas grandes inversões térmicas na América do Sul. Uma foi na cidade de São Paulo, em uma altura de 58 metros com índices muito negativos de qualidade de ar. A segunda ocorreu em Santiago, no Chile, onde foram decretadas três situações de emergência ambiental. Nesse episódio, 60% dos veículos sem conversor catalítico e 20% dos equipados com o dispositivo não podiam circular.

Matérias relacionadas

Inversão térmica: o que é, causas e consequências
Disponível em: http://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/inversao-termica-o-que-e-causas-e-consequencias/

A poluição atmosférica e os gases do efeito estufa
Disponível em: http://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/poluicao-atmosferica-gases-efeito-estufa/

Cientistas da USP publicam o mapa da poluição atmosférica
Disponível em: http://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/cientistas-usp-publicam-mapa-poluicao-atmosferica/

ATIVIDADE INVESTIGATIVA IV

1. Explique qual o mecanismo de transferência de energia térmica (calor) que é usado para compreender o fenômeno da inversão térmica. Como acontece?

2. Quais são as consequências da ocorrência do fenômeno da inversão térmica?

3. O que os órgãos de governo podem tomar como providências para prevenir a ocorrência da inversão térmica?

3.11 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO III

RADIAÇÃO

Adaptado a partir de texto do Portal GEF-UFMS [10]

Radiação é o processo de transferência de energia por ondas eletromagnéticas. As ondas eletromagnéticas são constituídas de um campo elétrico e um campo magnético que variam em igual fase, simultânea e harmonicamente, um perpendicular ao outro e ambos perpendiculares à direção de propagação. As ondas eletromagnéticas podem se propagar num meio material e também no vácuo. Sua velocidade de propagação no vácuo, geralmente representada por c, é cerca de $3{,}0x10^8\ m/s$.

O espectro das ondas eletromagnéticas é contínuo, isto é, existem ondas eletromagnéticas de todas as frequências (ou comprimentos de onda). Contudo, é usual dividir o espectro em faixas com limites mais ou menos precisos e, a cada faixa, atribuir um nome especial (Figura 3.6). Por exemplo, como a retina do olho humano é sensível às ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda no intervalo aproximado de $0{,}4 \times 10^{-6}$ m a $0{,}8 \times 10^{-6}$ m, elas recebem, coletivamente, o nome de luz, ou melhor, luz visível. Esses números não são absolutos porque diferentes pessoas têm retinas com diferentes sensibilidades e a mesma pessoa tem sensibilidade diferente conforme a idade e o estado de saúde de modo geral. As principais faixas (ou regiões) do espectro eletromagnético são: raios gama, raios x, ultravioleta, luz visível, infravermelho, microondas, TV e ondas de rádio FM, ondas curtas, AM e ondas longas. Todas as ondas eletromagnéticas transportam energia e é tanto maior essa energia quanto menor for o comprimento de

onda (ou quanto maior for a frequência). A relação entre frequência f e comprimento de onda λ é estabelecida pela velocidade da luz, representada por c. Assim:

$$\lambda \times f = c \text{ ou } f = (3{,}0x10^8\ m/s)/\ \lambda$$

Se λ é fornecido em metro (m), então a frequência será obtida em ciclo/segundo, ou simplesmente s^{-1}, chamado hertz (Hz).

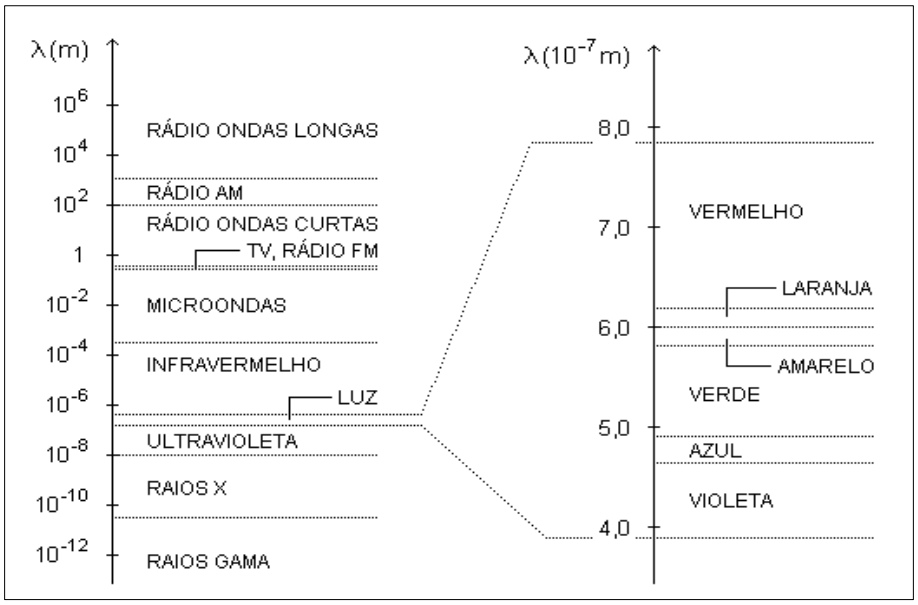


Figura 3.6: Divisão do espectro eletromagnético
Fonte: ***Texto do Portal GEF-UFMS***

Como já dissemos, radiação é o processo de transferência de energia por ondas eletromagnéticas. Assim, esse processo pode ocorrer também no vácuo. O aumento de temperatura da superfície da Terra, por exemplo, é um efeito das ondas eletromagnéticas recebidas do Sol.

Um meio material pode ser opaco para ondas eletromagnéticas numa faixa do espectro e transparente para ondas eletromagnéticas em outra faixa. O vidro comum, por exemplo, é transparente à luz (radiação eletromagnética visível) e opaco às ondas da faixa do infravermelho.

Observação

Estamos empregando a palavra “radiação” para significar o processo de transferência de energia por ondas eletromagnéticas. Essa palavra também é usada, na literatura científica e no cotidiano, como sinônimo de onda eletromagnética. É usual dizer, por exemplo, que o Sol emite radiações eletromagnéticas. Assim, com a mesma palavra,

podemos indicar o processo de transferência de energia por ondas eletromagnéticas ou as próprias ondas eletromagnéticas. Nesse caderno, vamos usar a palavra “radiação” nestes dois sentidos. O contexto deve indicar qual significado estaremos considerando na frase correspondente.

Radiação de Corpo Negro

Não apenas o Sol, mas qualquer corpo cuja temperatura absoluta, medida em Kelvin é diferente de zero, emite ondas eletromagnéticas. Para discutir o espectro da radiação emitida por um corpo, isto é, a energia emitida por unidade de área, por unidade de tempo e por unidade de comprimento de onda, vamos supor que temos um bloco a certa temperatura e que, no interior desse bloco, existe uma cavidade. A substância que forma o bloco não é transparente à radiação eletromagnética. Os átomos das paredes da cavidade emitem radiação eletromagnética para o seu interior e, ao mesmo tempo, absorvem radiação eletromagnética proveniente dos outros átomos das paredes.

Quando a radiação eletromagnética no interior da cavidade atinge o equilíbrio térmico com os átomos das paredes, o conteúdo energético da radiação emitida pelos átomos num dado intervalo de tempo é igual ao conteúdo energético da radiação absorvida no mesmo intervalo de tempo. Então, a densidade de energia, que é a quantidade de energia da radiação no interior da cavidade por unidade de volume, é constante. Isto significa que a densidade de energia associada à radiação de cada comprimento de onda, ou seja, a distribuição de energia dentro da cavidade é bem definida.

A distribuição de energia não depende da substância de que é feito o bloco. Na verdade, a distribuição de energia depende apenas da temperatura absoluta, medida em Kelvin, do bloco. Abrindo um pequeno orifício numa das paredes da cavidade, podemos analisar a radiação que escapa por ele. A radiação que escapa é uma amostra da radiação no interior da cavidade e, portanto, tem a mesma distribuição de energia. A radiação que escapa do orifício é chamada radiação de corpo negro. A cavidade com as suas ondas eletromagnéticas em equilíbrio é o corpo negro.

ENERGIA SOLAR

Adaptado a partir de Donoso [11]
(Universidade de São Paulo Instituto de Física de São Carlos – IFSC)

A radiação solar no espaço imediatamente fora da atmosfera da Terra é de 1353 W/m^2, chamada de constante solar. A energia que atinge o solo da Terra é menor por causa da absorção na atmosfera. A quantidade de radiação solar por unidade de área que atinge um ponto específico da Terra depende da latitude, da declinação e da estação do ano.

O Brasil apresenta um ótimo índice de radiação solar, principalmente no Nordeste, onde possui valores típicos entre 1752 kW-h/m^2 e 2190 kW-h/m^2. Por este e vários outros (e são muitos) motivos a energia solar está sendo cada vez mais empregada no país.

Conforme os levantamentos de consumo de energia elétrica, o setor residencial responde por 24% do consumo total no país e dentro desse setor, o aquecimento de água tem participação de 26%. Desta forma, o aquecimento de água é responsável por 6% de todo o consumo nacional de energia elétrica.

A forma predominante de aquecimento de água no Brasil é o chuveiro elétrico, o qual possui alta eficiência e baixo desperdício. Mais, apesar do baixo custo do aparelho, o uso do chuveiro representa um elevado investimento para as concessionárias (em torno de US$ 900 por chuveiro instalado) considerando apenas os investimentos na geração.

AQUECEDOR SOLAR

Adaptado a partir de texto do Portal GEF-UFMS [10]

Um sistema básico para elevar a temperatura da água residencial é composto por alguns coletores solares e um reservatório térmico (Figura 3.7). Um coletor solar é formado, basicamente, por uma chapa metálica com uma das faces pintada da cor preto fosco e com a outra face colocada em contato com uma tubulação por onde circula água. A face pintada de preto recebe a radiação solar e sua temperatura aumenta. A energia passa, por condução, da chapa à tubulação e da tubulação para a água. Assim, a temperatura da água se eleva.

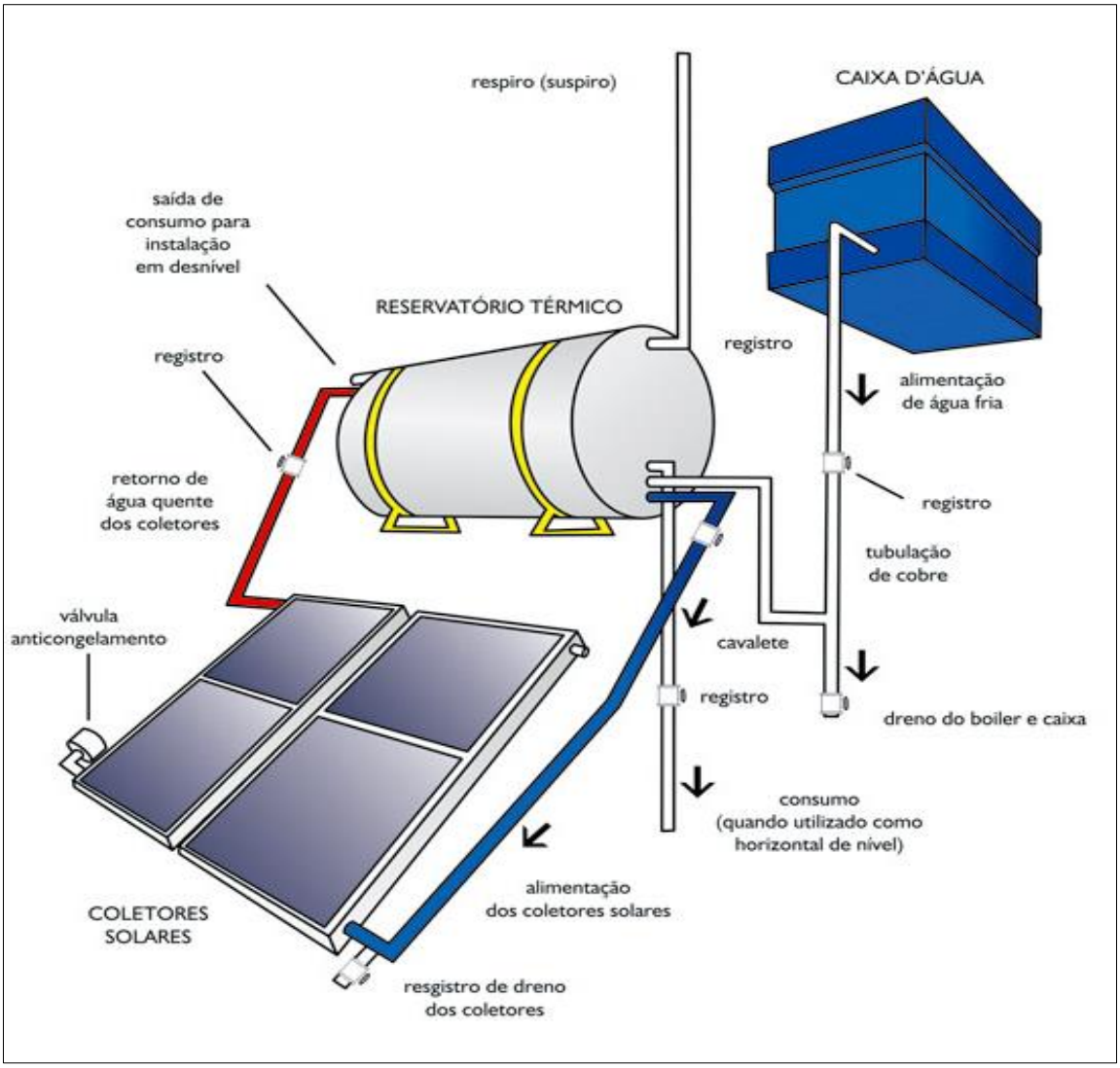


Figura 3.7: Esquema de funcionamento de um aquecedor solar
Fonte: http://www.soletrol.com.br/extras/como-funciona-o-aquecedor-solar-soletrol/

A caixa d'água alimenta o reservatório térmico e a tubulação dos coletores solares, mantendo-os sempre cheios de água. Os coletores solares absorvem a radiação solar e a temperatura da água que está circulando no seu interior, nesse momento, aumenta. Dessa forma, existe uma diferença de temperatura entre a água nos coletores e a água da caixa d'água, pelo menos durante a incidência da radiação solar sobre os coletores. Como a altura em que são montados os coletores é menor do que a altura da caixa d'água, a circulação da água no sistema acontece por convecção. Com o passar do tempo, o reservatório térmico vai armazenando água à temperatura mais alta do que a temperatura ambiente.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA V

1. Em um dia em que a temperatura ambiente está baixa é mais apropriado vestir roupas escuras ou claras? Justifique.
2. A garrafa térmica é um dispositivo de grande aplicação prática. Tem como função manter seu conteúdo em temperatura praticamente constante durante um longo intervalo de tempo. Na Figura 3.8 temos um esquema com os elementos constituintes de uma garrafa.

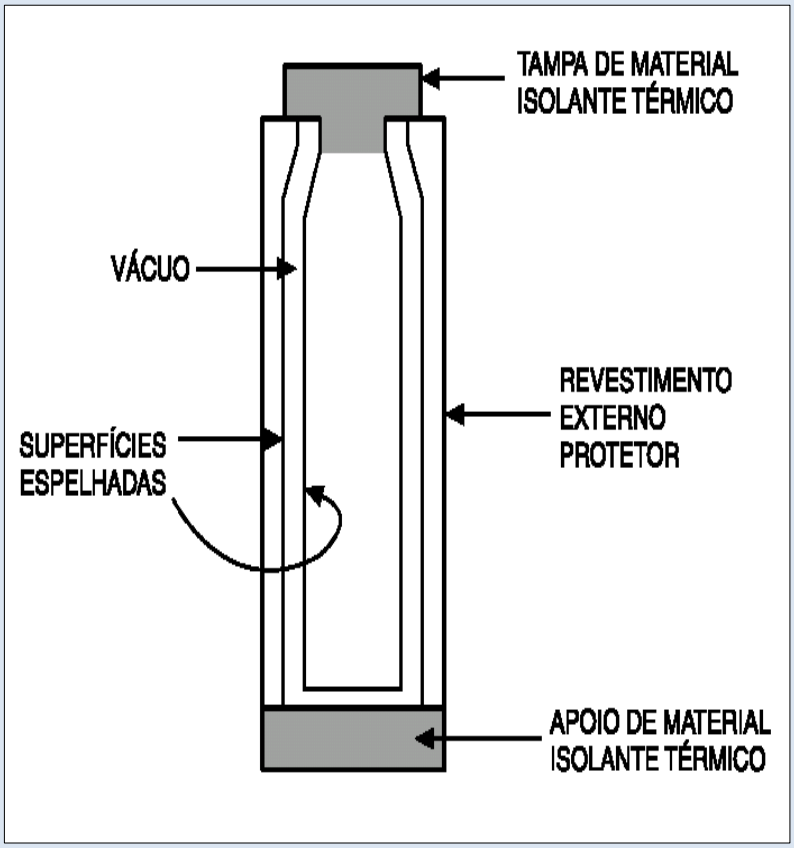


Figura 3.8: Esquema de uma garrafa térmica
Fonte: http://quintaldafisica.blogspot.com.br/2014/12/por-que-uma-mesma-garrafa-termica.html

a) Tente explicar a função de cada elemento levando em consideração os mecanismos de propagação de calor: condução, convecção e radiação térmica.
b) Por que uma mesma garrafa térmica consegue manter a temperatura de líquidos tanto quentes quanto frios?

3.12 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE - CTSA II

ILHAS DE CALOR

Adaptado a partir de Gouveia e Silva (2011) [12]

O processo de industrialização baseado na revolução técnico-científica e a urbanização promoveram o crescimento acelerado das cidades, as quais sofreram profundas alterações no uso e ocupação do solo. No início do século XIX em meio a esse processo de industrialização, na Inglaterra, Luke Howard realizou um estudo revolucionário sobre o clima de Londres.

Neste trabalho Howard detectou um "excesso de calor artificial" na cidade em comparação com a zona rural. E a partir do trabalho de Luke Howard outros pesquisadores realizaram estudos similares, em diferentes regiões do mundo, identificando o mesmo fenômeno do excesso de calor nas cidades em comparação ao campo. A este fenômeno característico das metrópoles, identificado em diversos trabalhos sobre climatologia, os pesquisadores denominaram de "ilhas de calor urbano".

O fenômeno de ilhas de calor é um problema ambiental grave, consequente de um planejamento urbano deficiente, ou até mesmo da falta dele. Os impactos negativos afetam muitas pessoas de várias maneiras, causando não apenas desconforto térmico, devido às temperaturas elevadas, mas também atinge diretamente a saúde das pessoas, prejudicando a qualidade de vida dos habitantes.

Existem duas razões principais para a existência de fenômeno de ilhas de calor urbano.

A primeira é que os materiais utilizados nas construções das cidades é impermeável e estanque, isso faz com que a água das chuvas não seja absorvida pelo solo, evitando que haja o transporte de calor latente pela evaporação do solo, criando uma grande massa de ar quente o que dificulta dispersão dos poluentes atmosféricos gerados, agravados pelos edifícios altos que são um obstáculo a mais para o livre percurso dos ventos.

A segunda razão é proveniente da alta capacidade calorífica dos materiais das construções das cidades, como o concreto e o asfalto. Esses materiais alteram o balanço

da radiação global ao provocar mudanças nos processos de absorção, reflexão e reemissão. Portanto, essa alteração nas características da atmosfera local ocasiona em um aumente significativo de irradiação de calor para a o ar em comparação com as zonas periféricas ou no perímetro rural, onde, em geral, é maior a cobertura vegetal aumentando a área de superfícies de evapotranspiração, auxiliando na dissipação da energia térmica.

Essas modificações climáticas promovem um clima próprio, resultante da interferência das indústrias, do aumento de veículos, dos desmatamentos, da pavimentação do asfalto e concreto, que agem de maneira direta na alteração do clima local. Essas modificações criam anomalias, sendo seus efeitos sentidos pela população através do desconforto térmico, má qualidade do ar, e alterações nos impactos pluviais.

Contudo, a sua distribuição e intensidade são proporcionais ao tamanho da cidade e da sua população, sendo mais intensa durante os dias da semana, quando são intensas as atividades urbanas, e minimizada nos finais de semanas. Ela varia também de acordo com o uso e ocupação do solo; sua localização geográfica; da estação do ano; da hora do dia e das condições do tempo. Portanto, independentemente da localização da região, os efeitos das ilhas de calor urbano são mais expressivos no período da seca, em dias de céu claro e vento calmo.

Para entender os fenômenos de ilhas de calor urbano é necessária a discussão de vários princípios e conceitos da física como, por exemplo, princípios da Termodinâmica, como o calor que se propaga por meio de radiação, convecção e condução, ou mesmo por uma combinação desses três modos. Em climatologia os fatores que definem o clima de uma região são, primordialmente, as coordenadas de latitude, pois sua posição relativa à linha do equador define sua sazonalidade; a altitude; o regime dos ventos e a umidade relativa, com a participação da presença ou não das chamadas frentes frias, ou de ar seco, etc.

Entretanto, o termo ilhas de calor empregado, é um termo histórico, a denominação de ilha de energia térmica é mais apropriada, uma vez que a definição física de calor é energia térmica em movimento e não estático como o nome ilha lhe supõe.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA VI

1. Use suas próprias palavras para explicar o que significa a expressão “Ilha de energia térmica” e por que este termo é preferível a “Ilha de calor”.

3.13 AVALIAÇÃO SUGERIDA

O processo de avaliação acontecerá de forma contínua.

- Participação nas discussões: 20%
- Atividades de CTSA I: 20%
- Atividades de CTSA III: 20%
- Atividades de CTSA III: 20%

3.14 AVALIAÇÃO DA SEI N° 03

Será entregue um questionário para que os alunos respondam, individualmente, avaliando o desenvolvimento da unidade didática. Esta avaliação propiciará informações que possam servir a uma apreciação crítica do trabalho pedagógico.

Queremos Sua Opinião

Não é necessário se identificar

Caro aluno analise o desenvolvimento desta sequência de ensino expressando sua opinião acerca dos seguintes aspectos.

- Exposição do conteúdo pelo professor:
- Interação da turma com o professor e dos alunos entre si:
- Uso do experimento para melhor compreensão do conteúdo abordado:
- Uso dos textos complementares:
- Resolução dos exercícios:

3.15 ATENDIMENTO AOS DOCUMENTOS OFICIAIS

DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA O ENSINO MÉDIO [13]

Art. 5°

II - trabalho e pesquisa como princípios educativos e pedagógicos, respectivamente;

IV - sustentabilidade ambiental como meta universal;

V - indissociabilidade entre educação e prática social, considerando-se a historicidade dos conhecimentos e dos sujeitos do processo educativo, bem como entre teoria e prática no processo de ensino-aprendizagem;

VI - integração de conhecimentos gerais e, quando for o caso, técnico-profissionais realizada na perspectiva da interdisciplinaridade e da contextualização;

§ 2º A ciência é conceituada como o conjunto de conhecimentos sistematizados, produzidos socialmente ao longo da história, na busca da compreensão e transformação da natureza e da sociedade.

§ 3º A tecnologia é conceituada como a transformação da ciência em força produtiva ou mediação do conhecimento científico e a produção, marcada, desde sua origem, pelas relações sociais que a levaram a ser produzida.

Art. 6º

O currículo é conceituado como a proposta de ação educativa constituída pela seleção de conhecimentos construídos pela sociedade, expressando-se por práticas escolares que se desdobram em torno de conhecimentos relevantes e pertinentes, permeadas pelas relações sociais, articulando vivências e saberes dos estudantes e contribuindo para o desenvolvimento de suas identidades e condições cognitivas e sócio-afetivas.

Art. 8º

§ 2º A organização por áreas de conhecimento não dilui nem exclui componentes curriculares com especificidades e saberes próprios construídos e sistematizados, mas implica no fortalecimento das relações entre eles e a sua contextualização para apreensão e intervenção na realidade, requerendo planejamento e execução conjugados e cooperativos dos seus professores.

Art. 12º

I - garantir ações que promovam:

c) a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania;

II - adotar metodologias de ensino e de avaliação de aprendizagem que estimulem a iniciativa dos estudantes;

III - organizar os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação de tal forma que ao final do Ensino Médio o estudante demonstre:

a) domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna;

b) conhecimento das formas contemporâneas de linguagem.

Art. 14º

IX - os componentes curriculares devem propiciar a apropriação de conceitos e categorias básicas, e não o acúmulo de informações e conhecimentos, estabelecendo um conjunto necessário de saberes integrados e significativos.

XIII - a interdisciplinaridade e a contextualização devem assegurar a transversalidade do conhecimento de diferentes componentes curriculares, propiciando a interlocução entre os saberes e os diferentes campos do conhecimento.

PCN+ - ENSINO MÉDIO [10]

- As competências gerais no aprendizado das Ciências da Natureza e da Matemática

Respeitando a diversidade das ciências, conduzir o ensino dando realidade e unidade é compreender que muitos aprendizados científicos devem ser promovidos em comum, ou de forma convergente, pela Biologia, pela Física, pela Química e pela Matemática, a um só tempo reforçando o sentido de cada uma dessas disciplinas e propiciando ao aluno a elaboração de abstrações mais amplas.

- Linguagens partilhadas pelas Ciências

O reconhecimento, a utilização e a interpretação de seus códigos, símbolos e formas de representação; a análise e a síntese da linguagem científica presente nos diferentes meios de comunicação e expressão; a elaboração de textos; a argumentação e o posicionamento crítico perante temas de ciência e tecnologia.

Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.

Análise e interpretação de textos e outras comunicações: Consultar, analisar e interpretar textos e comunicações de ciência e tecnologia veiculados por diferentes meios.

Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências.

Discussão e argumentação de temas de interesse: Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia.

- Dos Instrumentos de investigação utilizados

Estratégias para enfrentamento de situações-problema: Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la.

Interações, relações e funções; invariantes e transformações: Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações.

Medidas, quantificações, grandezas e escalas: Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Modelos explicativos e representativos: Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos.

Relações entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e interáreas: Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.

- Da contextualização no ensino das Ciências

Ciência e tecnologia na história: Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social.

Ciência e tecnologia na cultura contemporânea: Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea.

Ciência e tecnologia na atualidade: Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social.

Ciência e tecnologia, ética e cidadania: Reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania

- As competências em Física

Análise e interpretação de textos e outras comunicações de ciência e tecnologia: Consultar, analisar e interpretar textos e comunicações de ciência e tecnologia veiculados por diferentes meios.

Elaboração de comunicações: Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências.

Discussão e argumentação de temas de interesse de ciência e tecnologia: Interações, relações e funções; invariantes e transformações: Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações.

MATRIZ DE REFERÊNCIA PARA O ENEM 2009[18]

- Matriz de referência de Matemática e suas Tecnologias .

Competência de área 3 - Construir noções de grandezas e medidas para a compreensão da realidade e a solução de problemas do cotidiano.

H13 - Avaliar o resultado de uma medição na construção de um argumento consistente.

H14 - Avaliar proposta de intervenção na realidade utilizando conhecimentos geométricos relacionados a grandezas e medidas.

Competência de área 4 - Construir noções de variação de grandezas para a compreensão da realidade e a solução de problemas do cotidiano.

H17 - Analisar informações envolvendo a variação de grandezas como recurso para a construção de argumentação.

Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

H3 – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

H4 – Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.

Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

H18 – Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

H19 – Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.

H22 – Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.

H23 – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.

1.14 REFERÊNCIAS

[1] GLEISER, Marcelo. A ilha do conhecimento. Record. Edição 1. 2004.

[2] SERWAY, Raymond A. Princípios de Física: movimento ondulatório e termodinâmica. Raymond A. Serway, John W. Jewett, Jr.; tradução Leonardo Freire de Melo, Tânia M. V. Freire de Melo. Revisão técnica André Koch Torres Assis. São Paulo. 2006

[3] PORTAL GEF-UFSM. Textos para o Ensino Médio. Condução. Grupo de Ensino de Física. Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: http://coral.ufsm.br/gef/Calor/calor16.pdf. Último acesso em 16 de Mai. 2016.

[4] CARVALHO, Adriana. EGÍDIO, Camila Moura. NAKAYA, Helder. SALOTTI, Jacqueline. FONTANARI, Juliana Cristina. CARDOZO, Karina Helena Morais. SAKABE, Noboru Jo. ASPRINO, Paula Fontes. TORRES, Bayardo B. Bioquímica da Beleza. Curso de Verão 2005. Departamento de Bioquímica. Instituto de Química. Universidade de São Paulo. Disponível em: http://www.iq.usp.br/bayardo/bioqbeleza/bioqbeleza.pdf. Último acesso em: 02 de abril de 2016.

[5] ABRAHAM, L.S.; MOREIRA, AM.; MOURA, L.M.; GAVAZZONI, M.F.R.; ADDOR, F.A.S. Tratamentos estéticos e cuidados dos cabelos: uma visão médica (parte 2). Surgical & Cosmetic Dermatology 2009. Volume 1. Número 4. Pág. 178-185. Disponível em http://www.surgicalcosmetic.org.br/public. Último acesso em: 02 de abril de 2016.

[6] MUSTAFÁ, Larissa. ROCHA, Karoline Rocha da. SILVA, Rivana Teresa Serra. GONZAGA, Luiz. COSTA, Harlan. Influência da Temperatura da Chapinha na Fibra Capilar.
Disponível em http://www.sbpcnet.org.br/livro/63ra/resumos/resumos/5609.htm. Último acesso em: 02 de abril de 2016.

[7] PERCÍLIA, Eliene. Origem da Chapinha. Brasil Escola. Disponível em <http://brasilescola.uol.com.br/curiosidades/origem-chapinha.htm> Último acesso em: 02 de abril de 2016.

[8] PORTAL GEF-UFSM. Textos para o Ensino Médio. Convecção. Grupo de Ensino de Física. Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: http://coral.ufsm.br/gef/Calor/calor17.pdf. Último acesso em 16 de Mai. 2016.

[9] PENSAMENTO VERDE. A inversão térmica e a poluição atmosférica. Disponível em: http://www.pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/inversao-termica-poluicao-atmosferica/. Último acesso em 16 de Mai. 2016.
[10] PORTAL GEF-UFSM. Textos para o Ensino Médio. Radiação. Grupo de Ensino de Física. Universidade Federal de Santa Maria. Disponível em: http://coral.ufsm.br/gef/Calor/calor18.pdf. Último acesso em 16 de Mai. 2016.

[11] DONOSO, José Pedro. Energia. Universidade de São Paulo Instituto de Física de São Carlos – IFSC. Disponível em: http://www.ifsc.usp.br/~donoso/fisica_arquitetura/Energia.pdf. Último acesso em 16 de Mai. 2016.

[12] GOUVEIA, Mainara Biazzati. SILVA, Fábio Ramos da. Ilhas de calor: uma abordagem na formação continuada por meio do uso da Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente em sala de aula. VIII Encontro Nacional de Pesquisa EM Educação em Ciências. I Congreso Iberoamericano de Investigación en Enseñanza de las Ciencias. 2011. Disponível em <http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiienpec/resumos/R0800-1.pdf> Último acesso em: 10 de abril de 2016.

[13] BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio. Conselho Nacional de Educação Câmara de Educação Básica. Brasília, 2012.

[14] BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. PCN+ Ensino Médio. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2002.

[15] BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Matriz de referência para o Enem 2009. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Brasília, 2009.

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA – SEI N° 04

O que acontece com a temperatura de um corpo quando ele recebe ou perde calor?

Fundamentos e Aplicações da Calorimetria

4.1 VISÃO GERAL

Esta é a Quarta Sequência de Ensino Investigativa (SEI Nº 04) do produto educacional **"Física Térmica com Ênfases Curriculares em CTSA e Ensino por Investigação: um guia de orientação para o professor. "** A temática abordada contempla uma discussão acerca dos fundamentos e aplicações da *Calorimetria*.

A sequência inicia pela aplicação em sala de aula de uma atividade investigativa inicial na forma de um teste de sondagem sobre conhecimentos prévios dos alunos a respeito de questões concernentes aos conteúdos conceituais integrantes do corpo de conhecimento da calorimetria, isto é, o conjunto de métodos desenvolvidos para a mensuração do calor. As respostas dadas pelos alunos são então discutidas coletivamente, ocasião em que o docente chama a atenção para distanciamentos ou aproximações das respostas em relação ao conteúdo científico formal, o qual deverá ser compreendido nestas aulas.

Em seguida os estudantes são solicitados a realizarem a leitura individual de um texto que introduz o conceito de **equivalente mecânico do calor**, desenvolvido pelo físico inglês James Prescott Joule no século XIX, o qual permitiu o desenvolvimento dos métodos da calorimetria. Para embasar uma nova atividade investigativa é também

cobrada a leitura de um texto que, incorporando à sequência uma abordagem que realça as relações entre ciência-tecnologia-sociedade-ambiente (CTSA), introduz a ideia de balanço energético do corpo humano, com referências às atividades humanas desde aquelas próprias do homem primitivo, na pré-história. O conceito de **calor específico** é então introduzido, sendo ilustrado por fenômenos que se desenvolvem em conexão com grandes massas de água, substância que possui um valor de calor específico fora do comum, extremamente elevado. Questões que requerem investigação por parte dos alunos são então solicitadas.

Uma segunda utilização da abordagem CTSA busca discutir, a partir de leitura coletiva e solicitação de exercício de interpretação de texto, o uso de uma tecnologia alternativa para prevenir a **evaporação** em grandes massas de água, com potencial aplicação em barreiros, açudes etc., especialmente na região Nordeste do Brasil, frequentemente sujeita às intempéries do fenômeno da seca.

Os conteúdos conceituais específicos dos métodos de calorimetria são então expostos em texto e em apresentação de slides digitais, e feita uma discussão sistemática dos processos de transição de fase, realçando o uso do conceito de **calor latente**. Os alunos devem concluir esta seção sabendo usar os conceitos e métodos calorimétricos que descrevem fenômenos envolvendo trocas de calor, inclusive transições de fase, entre componentes de um sistema físico.

Uma atividade investigativa final desta sequência trata da *"Produção de sal marinho da microrregião salineira do Rio Grande do Norte"*, introduzida como um terceiro recurso à abordagem CTSA. Os alunos devem realizar a leitura atenta de um texto sobre o tema, e responder questões que envolvem algum nível de investigação. Inclui-se nesta atividade uma discussão acerca dos conteúdos conceituais específicos de física, tais como o conceito de **evaporação**, e também dos impactos ambientais, sociais econômicos e culturais consequentes da atividade salineira.

4.2 MATERIAIS E RECURSOS

- Cópia dos textos de apoio, textos complementares e demais atividades a serem
- empreendidas em sala de aula;
- Projetor para exibição de slides digitais;
- Quadro branco da sala e pincel.

4.3 DISCIPLINAS CONTEMPLADAS

- Física: No tratamento de conteúdos conceituais específicos desta sequência de ensino.
- Matemática: Na formalização matemática dos conceitos e utilização de equações para resolução de problemas.
- História: nos textos de apoio e nas discussões envolvendo aspectos do desenvolvimento da humanidade ao longo do tempo.
- Português: Na utilização por leitura, compreensão e interpretação dos textos, e na elaboração escrita das argumentações para as respostas dos questionários.
- Biologia: Nas discussões acerca da problemáticas ambiental que é a seca do Nordeste e seu possível controle.
- Geografia: Na discussão em torno da influência localização das regiões de clima semiárido para o recebimento de radiação solar e altos índices de evaporação.

4.4 CONCESSÃO DE TEMPO SUGERIDA

Esta sequência de ensino está organizada para ser ministrada em um tempo de cinco aulas, de 40 minutos cada uma, distribuídas conforme o quadro abaixo. No entanto, devemos lembrar que cada aplicação apresentará suas particularidades que poderão influenciar em sua duração.

Quadro 4.1: Roteiro sugerido para implementação da SEI N°04.

Aula	Roteiro Sugerido	
Aula 01	**Pare e pense** *15 minutos*	- Aplicação do questionário - **Teste de Sondagem**. *(15 minutos)*
	Organização do Conteúdo I *10 minutos*	- Explanação do conteúdo – **Unidades de Calor** *(10 minutos)*
	CTSA I *15minutos*	- Leitura e discussão do texto CTSA I: **Energia para o Trabalho do Homem Primitivo** *(10 minutos)* - Orientação de atividade extraclasse: **Atividade Investigativa I** *(5 minutos)*
Aula 02	**CTSA I** *5minutos*	- Discussão da **atividade Investigativa I** *(5 minutos)*
	Organização do Conteúdo II *35 minutos*	- Explanação do conteúdo – **Capacidade Térmica, Calor Específico e Calor Específico da Água** *(20 minutos)* - Resolução da **Atividade Investigativa II** pelos alunos e discussão em sala. *(15minutos)*
Aula 03	**CTSA II** *45 minutos*	- Leitura e discussão do texto CTSA II: **Teste Feito na Câmara é Referência Contra a Seca** *(15 minutos)* - Resolução da **Atividade Investigativa III** pelos alunos e discussão em sala. *(25 minutos)*
Aula 04	**Organização do Conteúdo III** *10 minutos*	- Explanação do conteúdo – **Calorimetria, Calor latente, Mudanças de fase** *(20 minutos)* - Resolução da **Atividade Investigativa IV** pelos alunos e discussão em sala. *(20 minutos)*
Aula 05	**CTSA III** *10 minutos*	- Leitura e discussão do texto CTSA II: **Produção de Sal Marinho na Microrregião Salineira do rio Grande do Norte** *(15 minutos)* - Resolução da **Atividade Investigativa V** pelos alunos e discussão em sala. *(20 minutos)*
	Avaliação da SEI *(5 minutos)*	- Aplicação do questionário para avaliação da SEI. *(5 min)*

Fonte: Elaborado pela autora

4.5 PARE E PENSE – ATIVIDADE INVESTIGATIVA I

Aplicação de Questionário – Teste de Sondagem

A aula é iniciada com a distribuição de um teste de sondagem impresso em forma de questionário contendo três questões que devem ser respondidas individualmente e por escrito.

Quadro 4.2: Teste de Sondagem – SEI N° 04

Teste de sondagem

Nome: _____

1. Quando adicionamos água a uma porção de manteiga e levamos ao fogo, a manteiga demora mais tempo para derreter do que levaria se não tivesse água. Por quê?
   _____
   _____
   _____
   _____

2. É possível que um corpo receba calor sem aumentar sua temperatura? Explique.
   _____
   _____
   _____
   _____

3. A temperatura de ebulição da água sob pressão de 1 atm (ao nível do mar) é de 100 ºC. A esta temperatura a água inicia um processo de mudança de fase (da fase líquida para a fase gasosa). Podemos então dizer que a água só evapora a 100 °C? Justifique sua resposta
   _____
   _____
   _____
   _____
   _____
   _____

Fonte: Elaborado pela autora

4.6 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO I

Orientamos que os textos de apoio e as atividades desta sequência estejam disponível na versão de impressão para o aluno juntamente com as questões propostas.

Nesta sessão serão apresentadas as unidades de medidas de calor – caloria, joule e BTU, bem como as relações entre as mesmas.

UNIDADES DE CALOR

Adaptado de Serway (2006) [1]

No início da termodinâmica, antes de os cientistas reconhecerem a conexão entre a termodinâmica e a mecânica, o calor era definido em termos de mudanças de temperatura que ele produzia em um corpo, e uma unidade separada de energia, a caloria, era usada para o calor.

A Caloria (Cal) era definida como o calor necessário para elevar a temperatura de 1 g da água de 14,5 °C para 15,5 °C. Do mesmo modo, a unidade de calor no sistema inglês, chamada unidade térmica britânica (British Thermal Unit, BTU), era definida como o calor necessário para elevar a temperatura de 1 libra de massa de água de 63 °F para 64 °F. Esta Caloria (Cal) assim definida com C maiúsculo, que hoje em dia é utilizada para descrever o conteúdo energético dos alimentos, trata-se na verdade, de uma quilocaloria (kcal), sendo a caloria (com c minúsculo) a unidade de energia originalmente utilizada na descoberta do equivalente mecânico do calor, realizada pelo cientista inglês James Prescott Joule em 1849. Joule realizou medidas que lhe permitiram concluir que uma certa quantidade de energia convertida em calor, poderia ser resgatada na forma de energia mecânica e, utilizando a atual unidade de energia do Sistema Internacional, chamada joule (símbolo: J) em sua homenagem, pode ser escrita assim: 1 cal = 4,186 J. Em 1948, os cientistas concordaram que, como o calor (assim como o trabalho) é uma medida de transferência de energia, ou melhor, da quantidade de energia em trânsito, sua unidade no SI deveria ser o Joule.

Assim, caloria é definida agora como uma igualdade exata: 1 cal = 4,186 J. Esta definição é conhecida como o equivalente mecânico do calor. Observe que não é feita nenhuma referência ao aquecimento da água. A caloria é uma unidade geral de energia. Note que 1 Cal = 10^3 cal = 4186 J. É esta Caloria (Cal) que é a unidade preferencial em rótulos de produtos alimentícios.

4.7 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE - CTSA I

O texto a seguir discute acerca da energia presente nos alimentos e do trabalho realizado pelos seres humanos, desde seus primórdios. Discute ainda, semelhanças e diferenças entre o balanço energético realizado pelos primeiros humanos e o balanço energético realizados pelos seres humanos no século XXI, onde as máquinas poupam trabalho humano, contribuindo para o sedentarismo e consequente obesidade.

ENERGIA PARA O TRABALHO DO HOMEM PRIMITIVO

Adaptado de Scrivano et al (2013) [2]

Parece estranho pensar que os primeiros seres humanos já trabalhavam. Entretanto, a luta pela sobrevivência implica numa permanente busca de recursos na natureza, o que requer considerável quantidade de energia. Portanto, trabalhar, nesse contexto, significa transformar a natureza.

Os primeiros seres humanos viviam praticamente, como os outros animais, utilizando apenas o que conseguiam retirar da natureza. O Sol era a única fonte de luz e de calor, e seu alimento consistia de frutos da árvores e de carne crua, pois ainda não sabiam como produzir e dominar o fogo.

Como grande parte da energia corporal (cerca de 60%) é usada para manter a temperatura do nosso corpo estável, a sobrevivência do homem primitivo dependia basicamente do balanço energético, ou seja, da diferença entre a energia obtida dos alimentos e a energia gasta pelo corpo. Quanto mais frio o ambiente, mais calor é

produzido pelo nosso organismo para manter nossa temperatura estável, o que se agrava em épocas de inverno.

Se hoje em dia buscamos normalmente alimentos mais calóricos no inverno, imagine a dificuldade dos humanos primitivos para superar essa necessidade. A caça e a pesca eram realizadas sem o uso de instrumentos elaborados, o que requeria ainda maior quantidade de energia corporal para capturar e matar a presa.

A ciência moderna estabeleceu um padrão para a determinação da quantidade de energia presente nos alimentos, que vem estampado nas embalagens dos produtos. Essa energia pode ser medida em joules, cujo símbolo é J. O joule é uma unidade de medida de energia usada pelo Sistema Internacional de Medidas (SI), mas é muito comum o uso da caloria (cal). Como uma caloria é uma quantidade de energia muito pequena se comparada com os valores energéticos dos alimentos, costuma-se usar o múltiplo quilocaloria (kcal), sendo 1 kcal = 10^3 cal $= 1\ Cal$ (é assim definida a 'Caloria' que consta nos rótulos dos produtos alimentícios. A relação entre caloria e joule é 1 cal = 4,186 J, ou seja, 1 Cal = 4 186 J.

A obesidade passou a ser considerada questão de saúde pública em nossos dias. O metabolismo do nosso corpo ainda funciona baseado na lógica dos homens primitivos, na qual a energia dos alimentos representa quase a totalidade de seu consumo energético. Contudo, hoje em dia, somente 5% do que o cidadão urbano consome corresponde à energia dos alimentos, as facilidades trazidas pela modernidade fizeram com que a energia corporal fosse poupada, uma vez que dispomos de combustíveis para a locomoção. Eletricidade nos diversos aparelhos e outras energias para a produção dos bens que utilizamos. O sedentarismo e o aumento de peso são reflexos do resultado positivo do balanço energético entre consumo (ganho) e gasto (perda) de energia corporal.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA II

1 – (GREF) No inverno gostamos de tomar bebidas quentes e procuramos comer alimentos mais energéticos, como sopas e feijoada, e em maior quantidade. Você acha que temos necessidade de nos alimentarmos mais no inverno? Discuta.

2- O texto afirma que "o sedentarismo e o aumento de peso são reflexos do resultado positivo do balanço energético entre consumo e gasto de energia corporal" o que você entende por essa afirmação?

7

4.8 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO II

Este tópico apresenta a diferenciação dos conceitos de capacidade térmica e calor específico. A seguir, trata de modo mais especial, do calor específico da água.

CAPACIDADE TÉRMICA E CALOR ESPECÍFIO

Adaptado de Serway (2006) [1]

A quantidade de energia térmica necessária para elevar a temperatura de uma dada massa de uma substância por alguma quantidade varia de uma substância para outra. Por exemplo, o calor necessário para elevar a temperatura de 1 kg de água por 1 C° é 4186 J, mas o calor necessário para elevar a temperatura de 1 kg de cobre por 1 C° é somente 387 J. Entendeu? Explique para você mesmo!

Assim, é natural introduzir o seguinte conceito:

A **capacidade térmica**, C, de uma particular amostra de uma substância (por exemplo, uma barra de ouro ou uma telha) é definida como a quantidade de energia térmica necessária para elevar a temperatura dessa amostra por um grau Celsius.

Desta definição, podemos concluir que se Q unidades de calor, quando adicionadas a uma substância, produz uma variação de temperatura de ΔT, então

$$Q = C\,\Delta T$$

Se a quantidade de calor Q é medida em joules e a variação de temperatura ΔT em graus Celsius, então a capacidade térmica C deve ser medida em joules por graus Celsius, ou J/C°.

Você deve ter observado que a capacidade térmica se refere ao corpo em questão, o que foi exemplificado pela barra de ouro ou pela telha. Assim, a capacidade térmica de qualquer objeto é proporcional a sua massa. Quanto mais massa, mais calor é preciso para

alcançar a desejada variação de temperatura e maior a capacidade térmica do objeto, ou amostra. Por esta razão, é conveniente definir que:

A capacidade térmica por unidade de massa de uma substância, em vez da capacidade térmica de uma amostra. Esta nova quantidade física ou grandeza chama-se **calor específico** e é representado por *c*.

Para uma amostra de massa *m* com capacidade térmica *C*, o calor específico da substância que constitui a amostra é dado por:

$$c = \frac{C}{m}$$

Note que a combinação de unidades SI para o calor específico é J/°C por unidade de massa (kg), ou seja, J/kg.°C. Evidentemente, calor específico pode também ser expresso em cal/g.°C. Existe uma variação do calor específico de uma substância em função da temperatura, mas esta é muito pequena e pode ser desconsiderada em uma primeira aproximação. Para ter uma ideia, o calor específico da água varia de apenas 1% quando a temperatura da água vai de 0 ºC a 100 ºC.

Atividade relâmpago

Converta o calor específico do alumínio (900 J/kg.°C) para cal/g.°C. Lembre-se que 1 cal = 4,186 J e que 1 kg = 10^3 g.

[Resp.: 0,215]

Estimulamos sua curiosidade para consultar uma tabela de calor específico (abaixo) para diversas substâncias, sejam elas sólidos elementais, sólidos compostos ou líquidos.

Da definição de capacidade térmica, podemos expressar a energia térmica *Q* transferida (calor) entre uma substância de massa *m* e suas vizinhanças para uma variação de temperatura $\Delta T = T_f - T_i$ como

$$Q = m\, c\, \Delta T$$

Por exemplo, a energia térmica necessária para *elevar* a temperatura de 0,5 kg de água por 3 °C é igual a (0,5 kg) × (4186 J/kg. °C) × (3 °C) = 6280 J. Note que quando

calor é *adicionado* à substância, Q e ΔT são ambos *positivos*, e a temperatura *aumenta*. Da mesma forma, quando calor é *removido* da substância, *Q* e *ΔT* são ambos *negativos* e a temperatura *diminui*.

A **capacidade térmica molar** de uma substância (não de uma amostra dela) é definida como a capacidade térmica por mol. Daí, se a substância contém *n* mols, então sua capacidade térmica molar é igual a *C/n*. A capacidade térmica molar é medida em unidades de J/mol. C°.

A Tabela 4.1 mostra que a água tem um calor especifico elevado comparada com a maioria das outras substâncias comuns. (Os calores específicos do hidrogênio e do hélio são mais elevados). O calor especifico elevado da água e responsável pelas temperaturas moderadas encontradas nas regiões próximas de grandes volumes de água. Quando a temperatura de um volume de água diminui durante o inverno, a água transfere energia para o ar, que carrega a energia para a terra quando os ventos predominantes sopram em direção a esta. Por exemplo, os ventos predominantes fora da costa ocidental dos Estados unidos sopram para a terra e a energia liberada pelo oceano pacifico, enquanto ele se resfria, mantém as áreas litorâneas mais quentes do que seriam de outra maneira. Isso explica por que os estados litorâneos ocidentais têm geralmente clima mais quente no inverno do que os estados litorâneos orientais, onde os ventos não transferem energia para a terra.

O fato de o calor especifico da água ser mais elevado do que o da areia explica o padrão de fluxo de ar em uma praia. Durante o dia, o sol adiciona quantidade aproximadamente iguais de energia à praia e à água, mas o calor especifico mais baixo da areia faz com que a praia alcance uma temperatura mais alta do que a agua. Em consequência, o ar acima da terra alcança uma temperatura mais alta do que ar acima da água. O ar frio mais denso empurra o ar quente menos denso para acima (devido ao princípio de Arquimedes), o que resulta em uma brisa que sopra do oceano para a terra durante o dia. O ar quente esfria gradualmente enquanto sobe, descendo subsequentemente, formando o padrão de circulação mostrado na Figura 4.1a. Durante a noite, a areia esfria mais rapidamente do que a água, e o padrão de circulação se inverte por que o ar mais quente está agora sobre a água (Figura 4.1b). Essas brisas que sopram da praia (brisa marítima) e para a praia (brisa terrestre) são bem conhecidas pelos marinheiros.

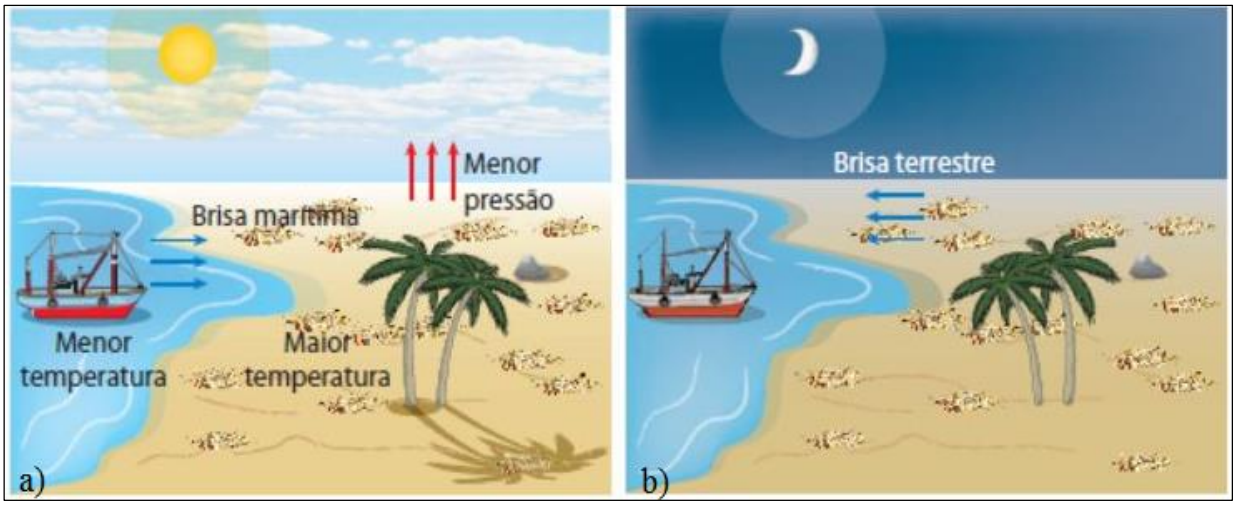


Figura 4.1: a) brisa marítima. b) brisa terrestre
Fonte:http://guiadoestudante.abril.com.br/estudar/fisica/resumo-fisica-transmissao-calor-697996.shtml

Tabela 4.1: Calores Específicos de Algumas Substâncias a 25,0 °C e Pressão Atmosférica

Substância	Calor Especifico, c	
	J/kg °C	cal/g °C
Sólidos Elementares		
Alumínio	900	0,215
Berílio	1830	0,436
Cadmio	230	0,055
Cobre	387	0,0924
Germânio	322	0,077
Ouro	129	0,0308
Ferro	448	0,107
Chumbo	128	0,0305
Silício	703	0,168
Prata	234	0,056
Outros Sólidos		
Bronze	380	0,092
Madeira	1700	0,41
Vidro	837	0,200
Gelo (-5,0 °C)	2090	0.50
Mármore	860	0,21
Líquidos		
Álcool (etílico)	2400	0,58
Mercúrio	140	0,033
Água (15,0 °C)	4186	1,00

Fonte: Serwey (2006)

CALOR ESPECÍFIO DA ÁGUA

Adaptado a partir de Stefanovits [3]

Em áreas próximas a lagos, represas ou mar, a variação da temperatura do ambiente não é tão ampla quanto em regiões áridas e semiáridas onde há grandes variações entre as temperaturas diurnas e noturnas. Esse fato pode ser explicado pelas propriedades que as substâncias apresentam em relação à transferência de calor

A areia das regiões áridas tem calor específico relativamente baixo, isto é, uma pequena quantidade de calor já é suficiente para fazer variar significativamente sua temperatura. Assim, durante o dia, o calor fornecido pelo Sol provoca grande aquecimento do solo desértico, elevando sua temperatura a valores em torno de 50 °C. À noite o fenômeno se inverte: a areia se resfria rapidamente, provocando uma queda brusca da temperatura ambiente que pode chegar a valores abaixo de zero. A ampla variação de temperatura (grande amplitude térmica) é um dos fatores para os desertos serem tão inóspitos a vida humana.

A presença de água em uma região é de grande importância porque, além de ser uma substância fundamental para a vida - já que participa da maior parte dos processos fisiológicos dos seres vivos -, a água é um regulador térmico, ou seja, impede grandes variações de temperatura ao longo do dia. E a água é um regulador térmico eficiente porque seu calor específico é o mais alto de todas as substâncias conhecidas, com exceção da amônia líquida. Esse valor tão elevado se explica pelo arranjo molecular da água (veja o esquema ao lado), organizado por forte polaridade e, consequentemente, pouca mobilidade. Por isso, de acordo com o modelo cinético-molecular não há aumento significativo na energia cinética da água ao receber pequena quantidade de energia, ou seja, sua temperatura não se eleva em demasia.

Grandes reservatórios de água - como lagos, rios e mares - podem absorver quantidades significativas de energia sem sofrer aumentos consideráveis de

temperatura. Onde há grandes reservatórios, à noite a água perde lentamente o calor absorvido durante o dia, Impedindo que ocorram quedas bruscas na temperatura ambiente. Em desertos, porém, onde a presença de água é muito escassa, não há como impedir as quedas bruscas de temperatura.

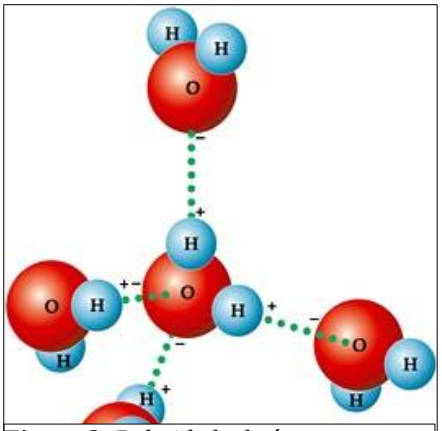


Figura 2: Polaridade da água
Fonte:http://brasilescola.uol.com.br/biologia/a-agua.htm

Existem elementos paisagísticos que contribuem para o conforto térmico - os espelhos d'água. A evaporação da água aumenta a umidade do ar ao seu redor, proporcionando a sensação de frescor. A temperatura em volta destes espelhos d'água chega a ser três graus mais baixa do que seria se eles não existissem. Parece pouco, mas pode ser a diferença entre um local confortável e o calor insuportável, especialmente se realizado em conjunto com uma boa ventilação cruzada.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA III

1- (GUIMARÃES et al, 2013) Considere dois sistemas: o primeiro é constituído por 550g de água na fase líquida e o segundo por 1000g de água na fase sólida. Utilize a tabela 4.1 e responda:

a) Qual deles possui maior capacidade térmica?

b) Em qual deles o calor específico da substância é maior?

2- (GREF) Quando se planejou a construção de Brasília num planalto do Estado de Goiás, uma região seca, de clima semiárido, uma das primeiras providências foi a de formar um lago artificial, o lago Paranoá. Discuta a importância do lago nas mudanças de clima da região levando em conta o calor específico da água.

3- Imagine que você dispõe dos seguintes materiais: água (c = 1,0 cal/g °C), óleo de soja, recipiente, termômetro com escala de -10 °C até 110 °C, relógio e uma fonte térmica de potência constante (fogão a gás). Descreva uma sequência de procedimentos que permita determinar o calor específico do óleo de soja.

4.9 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE - CTSA II

O texto a seguir, trata de uma tecnologia alternativa que se constitui na aplicação de películas ultrafinas de surfactantes nos espelhos de água e reduz a taxa de evaporação em até 30%. Os testes realizados no espelho d'água da câmara dos deputados, em Brasília, pode ser uma alternativa para amenizar o problema da seca no Nordeste.

TESTE FEITO NA CÂMARA É REFERÊNCIA CONTRA A SECA

Figura 3: Espelho d'água da câmara dos deputados em Brasília, DF - Brasil.
Fonte: http://www2.camara.leg.br/home-imagens/2014/01/imagem.2012-12-31.9628694523/view

OSÓRIO e MACHADO (2005) [4]

Produto desenvolvido por pesquisador brasileiro reduz em média 30% a perda de água por evaporação e poderá ser aplicado em açudes.

De 9 a 18 de setembro, o pesquisador Marcos Gugliotti testou no espelho d'água da Câmara dos Deputados um produto que pode gerar grande economia de água em regiões assoladas pela seca. Ao final do experimento, que consistiu em cobrir a superfície do reservatório com uma fina película em forma de pó, o pesquisador verificou uma redução média de 30% na evaporação de água. Durante o período do teste, o espelho perdia cerca de 78 mil litros de água por dia em função da evaporação (redução de 6 mm diários no nível da lâmina d'água, que tem área de 13.000 m2). Nos dias em que o produto foi aplicado deixaram de evaporar cerca de 23 mil litros de água.

O produto aplicado foi um pó composto de calcário e surfactantes biodegradáveis (surfactantes são agentes de atividade superficial, substâncias que apresentam a propriedade de formar uma película ultrafina na superfície da água). O produto não é tóxico ou espumante e foi aplicado no espelho d'água a cada 48 horas. Em contato com a superfície da água, o pó libera os surfactantes que formam a película ultrafina que se espalha por uma grande área e reduz e evaporação de água sem interferir na oxigenação do corpo hídrico. Para cada 10.000 m² de área foi aplicado apenas 1Kg do produto.

A redução da evaporação por películas ultrafinas de surfactantes não provoca alterações climáticas e o método é considerado pela Organização das Nações Unidas (ONU) uma "tecnologia alternativa" para a conservação da água doce. O método também se encaixa na definição de "tecnologia ambientalmente saudável" da Agenda 21, que tem como objetivo definir uma estratégia de desenvolvimento sustentável – em relação aos recursos naturais, à biodiversidade, aos aspectos políticos ou econômicos.

"O produto está sendo desenvolvido para ser aplicado em reservatórios de água, como açudes e represas. A redução das perdas por evaporação representa a economia de uma grande quantidade de água", afirma Marcos.

Ele explica que o espelho d'água da Câmara foi escolhido por estar localizado em uma região de clima seco, onde a taxa de evaporação é alta e a quantidade de água pode ser controlada – pois há apenas uma saída, o que permite uma boa precisão de quanto se perde por evaporação, o que é fundamental para determinar a eficiência do produto. O teste foi feito com apoio e autorização do Núcleo de Gestão Ambiental (EcoCâmara), em parceria com o Departamento Técnico (Detec) da Casa.

Marcos Gugliotti é formado em Engenharia Química pela Faculdade de Engenharia Industrial (FEI, São Bernardo do Campo-SP), e concluiu mestrado, doutorado e pós-doutorado em físico-química de superfícies no Instituto de Química da Universidade de São Paulo (USP). Atualmente é diretor científico da empresa Lótus Química Ambiental, localizada no Centro Incubador de Empresas Tecnológicas (Cietec, SP). O projeto dele é financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (Fapesp), que tem apoiado experiências no setor por meio do Programa de Inovação Tecnológica em Pequenas Empresas (PIPE).

O pesquisador já solicitou a patente do redutor da evaporação e, no momento, busca outros locais para testar o produto, de preferência na região Nordeste.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA IV

1- Qual o objetivo do experimento realizado no espelho d'água da Câmara Federal pelo pesquisador Marcos Gugliotti em 2005?

2- Por que este experimento foi realizado neste local?

3- Qual foi o principal resultado obtido?

4- Decorridos mais de 10 anos desde o teste feito em Brasília, o produto citado no texto ainda não é usado para amenizar a seca do Nordeste diminuindo as altas taxas de evaporação no semiárido. Por qual razão? Pesquise e debata em sala.

4.10 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO III

CALORIMETRIA

Adaptado de Serway (2006) [1]

Uma técnica para medir o calor especifico de um sólido ou de um líquido é elevar a temperatura da substância para algum valor, coloca-la em um recipiente contendo água de massa e temperatura conhecidas e medir a temperatura da combinação depois que o equilíbrio for alcançado. Definiremos o sistema com a combinação e a água. Se o

recipiente for supostamente um bom isolante, de modo que a energia não deixe a energia pelo calor (e por nenhum outro meio), então podemos usar o modelo de sistema isolado. Os recipientes que têm essa propriedade são chamados de **calorímetros** e a análise executada usando tais recipientes é chamada de **calorimetria**.

O princípio de conservação de energia para esse sistema isolado requer que a energia que sai pelo calor da substância mais quente, (de calor especifico desconhecido) se iguale à energia que entra na água. Logo, podemos escrever

$$Q_{frio} = -Q_{quente} \qquad \text{(Equação 4.3)}$$

Para ver como formular um problema de calorimetria, suponha que m_x seja a massa de uma substância cujo valor especifico desejamos determinar; c_x seu calor especifico; e T_x, sua temperatura inicial. Sejam m_a, c_a e T_a os valores correspondentes para a água. Se T for a temperatura de equilíbrio final após a água e a substância se combinarem, a partir da Equação 4.3 acima descobrimos que a energia ganha pela água é $m_x c_x(T - T)$. Substituindo esses valores na Equação 4.4, temos

$$m_a c_a\,(T - T_a) = -m_x c_x(T - T_x) \qquad \text{(Equação 4.4)}$$

A solução para c_x fornece

$$c_x = \frac{m_a\, c_a\,(T - T_a)}{m_x(T_x - T)} \qquad \text{(Equação 4.5)}$$

Substituindo os valores conhecidos no lado direito, podemos calcular o calor específico da substância.

4.11 CALOR LATENTE

Adaptado de Serway (2006) [1]

Uma substância frequentemente sofre mudança térmicas quando a energia é transferida entre a substância e suas vizinhanças. Em algumas situações, entretanto, a transferência de energia não resulta em mudanças de temperatura. Isso pode ocorrer quando as características físicas da substância mudam de uma forma para outra, o que é comumente chamado de **mudança de fase.** Algumas mudanças de fase comuns são de sólido para líquido (fusão), de liquido para gás (vaporização), e de uma estrutura cristalina para outra de um sólido.

Todas essas mudanças de fase envolvem uma mudança de energia interna, mas nenhuma mudança de temperatura.

A energia que entra na substância durante a fusão e a vaporização aparece como aumento da energia intermolecular potencial quando as ligações são rompidas, em vez de um aumento no movimento aleatório das moléculas.

Durante as mudanças de fase, a energia adicionada ao sistema de todas as moléculas de uma substância modifica ou rompe as ligações entre as moléculas.

A transferência de energia necessária para a mudança de fase de uma dada massa m de uma substância pura é:

$$Q = \pm ml \, . \qquad \text{(Equação 4.6)}$$

onde l é chamado de **calor latente** da substância e depois da natureza da mudança de fase, bem como da substância. (Latente significa escondido, oculto, disponível para uso etc.)

O sinal adequado na Equação 4.6 é escolhido de acordo com a direção do fluxo de energia. Quando um cubo de gelo derrete, expressamos a Equação 4.6 como $Q = ml$, refletindo o fato de temos lhe adicionado energia para derreter, mas no caso da água liquida congelando-se, expressamos a Equação 4.6 com sinal negativo: $Q = -ml$ porque estamos removendo energia da água.

Calor de fusão L_f é o termo utilizado quando a mudança de fase ocorre durante a fusão ou o congelamento, e **calor de vaporização** L é o termo utilizado quando a mudança de fase ocorre durante a vaporização ou condensação. Por exemplo, o calor latente de fusão para a água à pressão atmosférica é $3{,}33\ X\ 10^5\ J/kg$, e o calor latente de vaporização da água é $2{,}26\ X\ 10^6\ J/kg$. Os calores latentes de diferentes substâncias variam consideravelmente, como é visto na Tabela 4.2.

O calor latente de fusão é a energia necessária para romper todas as ligações intermoleculares em um quilograma de uma substância de maneira a converter a fase sólida em fase líquida. O calor latente de vaporização é a energia que deve ser adicionada a um quilograma de fase liquida de uma substância para romper todas as ligações liquidas de maneira a formar um gás.

Como você pode observar a partir da Tabela 4.2, o calor latente de vaporização para uma dada substância é geralmente maior do que o calor latente de fusão. Na mudança da fase sólida para a fase liquida, as ligações sólidas entre as moléculas são transformadas em ligações líquidas um tanto quanto mais fracas. Contudo, na mudança da fase líquida

para a fase gasosa, as ligações líquidas são rompidas, criando uma situação na qual as moléculas de gás não têm essencialmente ligação alguma entre si. Então, é necessário mais energia para evaporar uma dada massa de substância do que para derretê-la.

Tabela 4.2: Calores Latente de Fusão e de Vaporização

Substância	Ponto de Fusão °C	Calor Latente de Fusão (J/kg)	Ponto de Ebulição °C	Calor Latente de Vaporização (J/kg)
Hélio	- 269,65	$5{,}23\ X\ 10^3$	268,98	$2{,}09\ X\ 10^4$
Nitrogênio	- 209,97	$2{,}55\ X\ 10^4$	195,81	$2{,}01\ X\ 10^5$
Oxigênio	- 218,79	$1{,}38\ X\ 10^4$	182,97	$2{,}13\ X\ 10^5$
Álcool etílico	- 114	$1{,}04\ X\ 10^5$	78	$8{,}54\ X\ 10^5$
Água	0,00	$3.33\ X\ 10^5$	100,00	$2{,}26\ X\ 10^6$
Enxofre	119	$3{,}81\ X\ 10^4$	444,60	$3{,}26\ X\ 10^3$
Chumbo	327,3	$2{,}45\ X\ 10^4$	1750	$8{,}70\ X\ 10^5$
Alumínio	660	$3{,}97\ X\ 10^5$	2450	$1{,}14\ X\ 10^7$
Prata	960,80	$8{,}82\ X\ 10^4$	2193	$2{,}33\ X\ 10^6$
Ouro	1063,00	$6{,}44\ X\ 10^4$	2660	$1{,}58\ X\ 10^6$
Cobre	1083	$1{,}34\ X\ 10^5$	1187	$5{,}06\ X\ 10^6$

Fonte: Serwey (2006)

Com nosso conhecimento de calor latente, podemos entender plenamente o comportamento de uma substância à medida que se adiciona energia a ela.

AS MUDANÇAS DE FASE

Figura: Diagrama de mudanças de fase:
Fonte: http://www.infoescola.com/fisico-quimica/mudancas-de-estado-fisico/

Adaptado de Guimarães et al. (2013) [5]

O gráfico da figura ilustra o comportamento da temperatura, medida em graus Celsius, de certa quantidade de água, inicialmente na fase sólida, que é aquecida sob pressão constante de 1 atm. para as substâncias puras, a temperatura durante a mudança de estado permanece constante.

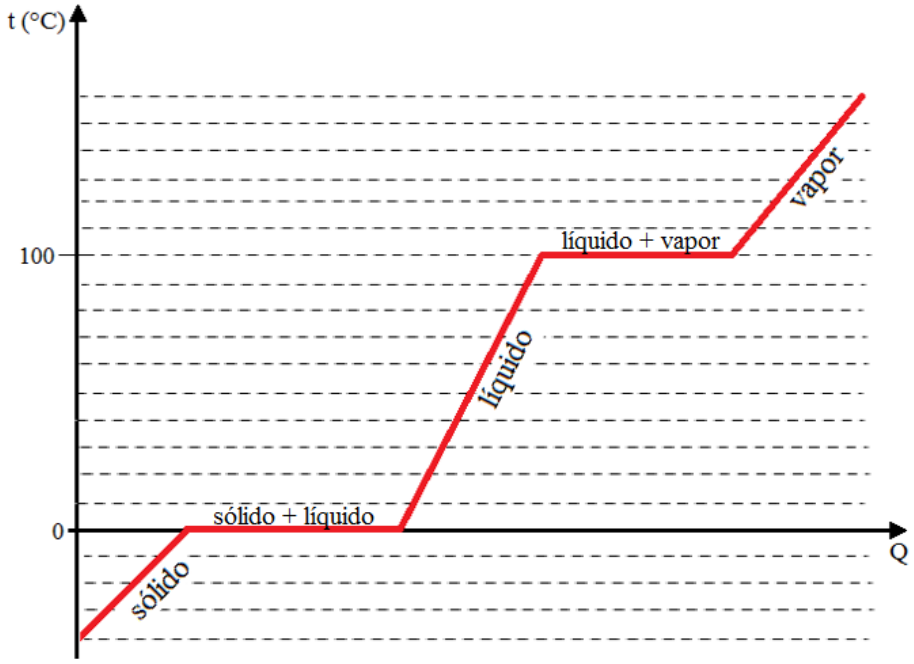


Figura 4.: Gráfico fora de escala do aquecimento de um bloco de gelo com temperatura bem abaixo de 0°C. O patamar da vaporização é, na verdade, cerca de 7 vezes mais largos que o da fusão.
Fonte: Desenho da autora

As linhas horizontais do gráfico são chamadas de patamares. Nesses setores, observamos que a substância recebe calor, Mas a sua temperatura permanece constante. Cada patamar corresponde, portanto, há uma mudança de fase onde coexistem duas fases da substância: no primeiro, sólido e líquido e, no segundo, líquido e vapor.

Podemos também analisar o processo inverso, ou seja, a substância fazendo calor, pois os processos de fusão e vaporização são reversíveis. Os patamares ocorrem às mesmas temperaturas, e as quantidades de calor envolvidas no processo são as mesmas, é certo porque o valor algébrico, conforme ilustra o gráfico da figura. Atenção algébrica se esclarece ao lembrarmos que calor recebido é positivo e calor cedido é negativo.

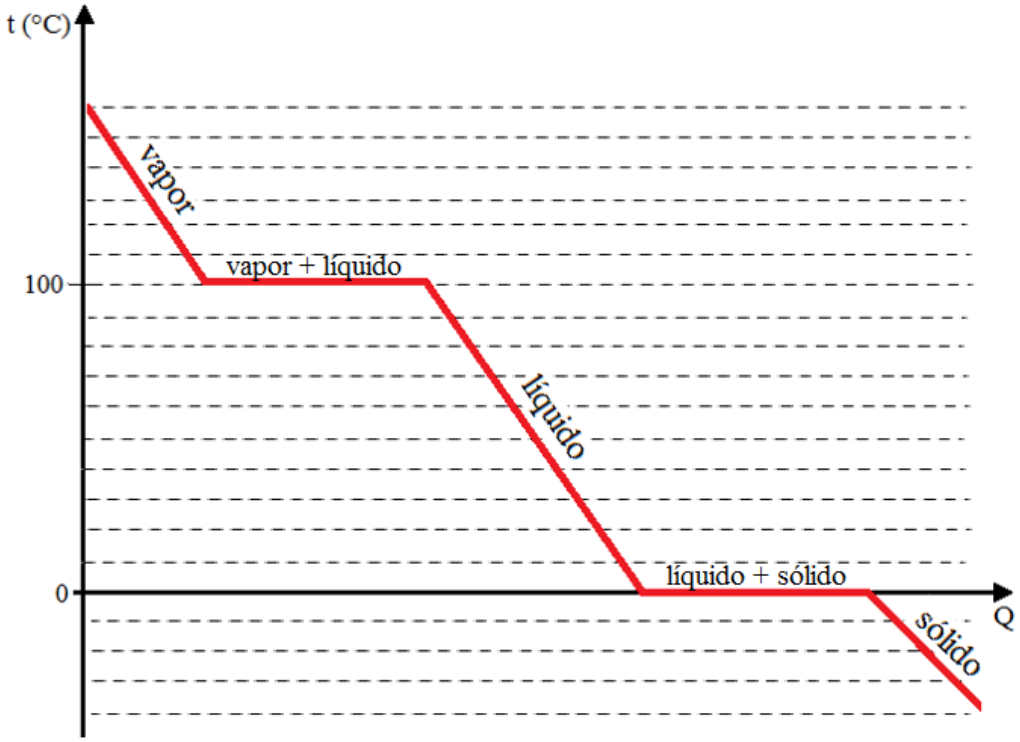


Figura 4: Gráfico do processo de resfriamento de vapor superaquecido. Os patamares estão fora de escala.
Fonte: Desenho da autora.

Mesmo atendo-nos somente às substâncias puras, nem sempre observamos patamares nos aquecimento ou resfriamento dos sólidos. Por exemplo, quando a substância não possui redes cristalinas extensas, ela é chamada amorfa e não observamos claramente uma temperatura em que ocorra a transição da fase sólida para a fase líquida. Um exemplo bem simples é a manteiga. A medida que a aquecemos ela se torna mais fluida, menos viscosa, mas tem uma temperatura definida de transição.

O mesmo acontece com piche (asfalto), o vidro e muitas outras substâncias que não possuem uma rede Cristalina, mas sim uma aparente fase sólida. Formalmente, é comum se dizer que são fluidos extremamente viscosos.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA V

1- Para secar roupa molhada mais rapidamente devemos estendê-la. Por que a roupa estendida seca mais rápido do que se estiver amontoada?

2- Um rapaz, com a intenção de refrigerar rapidamente os refrigerantes em uma festa, coloca-os imersos em 3kg de gelo picado à temperatura de 0 °C. Após algum tempo ele percebe que precisa colocar mais gelo, pois as bebidas estão agora imersas numa mistura

de 20% de gelo e 80% de água (em massa). (Dado: o calor latente de fusão do gelo é de 80 cal/g).

a) Qual foi a massa de gelo que se fundiu?

b) Considerando que as trocas de calor ocorrem somente entre o gelo e as latas de refrigerante, qual foi a quantidade de calor que delas foi retirada, nas condições do item anterior?

4.12 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE - CTSA III

O texto a seguir trata da produção de sal marinho na microrregião salineira do Rio Grande do Norte[2], que é potencialmente favorável a produção de sal, em contrapartida ao baixo potencial agrícola devido a sua posição geográfica.

O contexto escolhido permitiu agregar, simultaneamente, uma discussão acerca dos conteúdos conceituais de física, dos impactos ambientais consequentes da atividade salineira, do processo de mecanização e industrialização das salinas, dos aspectos sociais que revelavam a aceitação e procura pelas condições insalubres de trabalho como forma de garantia de subsistência dos sertanejos nos períodos de estiagem.

*[2] Texto constituinte do trabalho apresentado no XXXIII Encontro de Físicos do Norte e Nordeste – Natal – 2015. Disponível em: http://www1.sbfisica.org.br/eventos/efnne/xxxiii_e/sys/resumos/R0905-1.pdf

PRODUÇÃO DE SAL MARINHO DA MICRORREGIÃO SALINEIRA DO RIO GRANDE DO NORTE

*Adaptado de Silva, Almeida e Barreto (2015)** [6]

A água do mar é a matéria prima na produção de sal. Existem muitos sais dissolvidos nela, inclusive sais minerais semelhantes aos que circulam pelo nosso corpo, como o sódio, o magnésio e o cloro. As técnicas mecânicas de extração do sal marinho são conhecidas há muito tempo, desde as civilizações primitivas que as salinas naturais eram exploradas. No Brasil, por exemplo, os índios já produziam o sal na região antes dos portugueses descobrirem e darem inícios à exploração das salinas ao longo da costa do Grande do Norte e do Ceará.

Devido sua localização geográfica a microrregião salineira do nordeste brasileiro tem períodos de grandes estiagens contribuindo para o baixo potencial agrícola, no entanto, totalmente favorável à produção de sal. E essa produção envolveu ao longo do tempo, muita mão de obra advinda em grande parte do fluxo de imigrantes sazonais. Os sertanejos, normalmente pequenos produtores rurais, empregavam-se nas salinas apesar da baixa remuneração e das condições insalubres de trabalho.

O litoral potiguar tem quase o monopólio do sal de cozinha no Brasil. Alguns fatores característicos desta região fazem da extração do sal marinho uma das principais atividades econômicas da região litorânea do Rio Grande do Norte: baixo índice de precipitação pluviométrica, constantes ventos do clima tropical, terreno plano, abaixo do nível do mar e todos esses fatores contribuem para a alta salinidade.

Vejamos o processo de produção do sal marinho.

Figura 4.2: Processo de Produção e Beneficiamento.
Fonte: http://www.cimsal.com.br/?main=processoproducao

Nos períodos de elevação das marés em que o teor de salinidade varia entre $3,4^0$ a $4,5^0$ baumé[3], a água do mar é bombeada para a área de evaporação das salinas. Os primeiros tanques são os evaporadores – grandes piscinas rasas com lâminas de água com alturas máximas de 50 cm – interligados entre si. Nos evaporadores a salmoura (água saturada de sal) vai atingindo concentrações cada vez maiores até o ponto de saturação, quando começa a precipitar o cloreto de sódio (sal comum).

A variação da intensidade da radiação solar recebida na superfície produz uma variação na temperatura da superfície da água modificando a energia cinética das moléculas. Conforme a temperatura vai aumentando, mais moléculas de água vão escapando da superfície, devido à sua maior energia cinética.

Quando a água do mar começa a evaporar, o vapor de água se acumula próximo à superfície. O ar da vizinhança vai absorvendo essa umidade até atingir o ponto de saturação, onde não consegue mais absorver mais umidade (o exemplo de uma esponja, que absorve a água de um recipiente até um determinado ponto e, após, saturada não mais absorve). Os ventos têm fundamental importância nesse processo, pois ele faz constantemente essa troca de massa de ar, fazendo com que o ar, na superfície dos evaporadores, esteja sempre seco, aumentando assim a sua capacidade de absorção do vapor de água, acelerando o processo de evaporação.

A salmoura vai sendo transferida de um evaporador para outro e ficando cada vez mais concentrada ao longo deste percurso. Aos 25^0 baumé a transferência da salmoura é feita ou por bombeamento ou por gravidade para os cristalizadores onde é feito acompanhamento do teor de sal, da espessura da lâmina, do nível de evaporação, da concentração dos principais constituintes, da formação de cristais etc. A salmoura fica nos cristalizadores até alcançar uma densidade média de 28^0 baumé para ser drenada. Dos cristalizadores o sal é colhido e levado para as estações de lavagem, que removerão substâncias insolúveis como o sulfato de magnésio e outras impurezas dos cristais.

[3] **Graus de Baumé** é uma escala hidrométrica para medição de densidade de soluções criada pelo químico francês Antoine Baumé (1728-1804). Ele usou água pura e soluções de cloreto de sódio para definir os pontos da escala e a relação entre grau Baumé (ºBé) e densidade (d) ficou:
- Para soluções menos densas que a água (densidade menor que 1):
- Para soluções mais densas que a água (densidade maior que 1):
A temperatura de referência é 60°F(15,6ºC).
Saiba mais: http://www.dec.ufcg.edu.br/biografias/AntoinBa.html

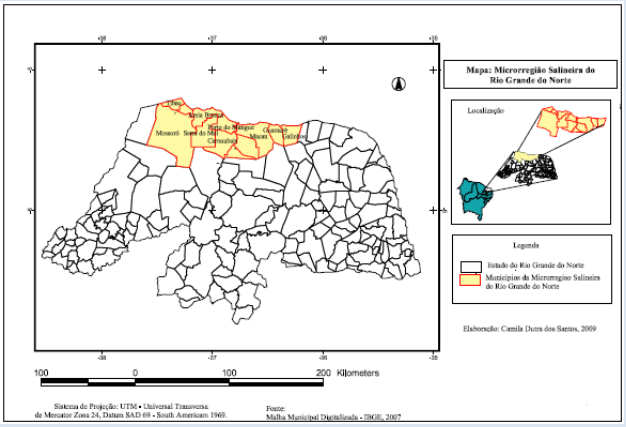
ATIVIDADE INVESTIGATIVA VI

1. O texto faz menção à dificuldade sofrida pelos sertanejos devido aos períodos de estiagem no Nordeste brasileiro e mais especificamente na região salineiro salineira, situada no Polígono das Secas. As mesmas condições que tornam fazem da região uma das áreas mais pobres como produtora agrícola, são as que favorecem a produção de sal.

   [...] O sal que arde na ferida
   Cristaliza a minha esperança
   De ver um dia minha gente sofrida
   Sorrir de novo feito criança [...].

   O trecho do poema "*Meu fragoso destino de pires na mão"* de Francisco das Chagas Nunes traz alguns dos aspectos socioeconômicos envolvidos na produção de sal na região. Que aspectos você consegue reconhecer?

2. O litoral potiguar tem quase o monopólio do sal de cozinha no Brasil constituindo a melhor zona brasileira para salinas. Cite alguns argumentos que justifiquem esse potencial da Microrregião Salineira do Rio Grande do Norte destacada no mapa abaixo.



3. Por meio de qual(is) mecanismo(s) de propagação de calor você explica o processo de evaporação da água do mar no processo de produção do sal marinho? Justifique sua resposta.

4. "Um fator importante relacionado à produção de Sal Marinho é que, independente da produção seguir um processo industrializado fazendo uso de tecnologias de ponta

ou um processo mecânico fazendo uso de técnicas milenares, os seus impactos ambientais são praticamente os mesmos.”

Você concorda com esta afirmação? Justifique sua resposta.

4.13 AVALIAÇÃO SUGERIDA

O processo de avaliação acontecerá de forma contínua.

- Participação nas discussões: 10%
- Questões Propostas no Conteúdo I: 10%
- Atividades de CTSA I: 10%
- Questões Propostas no Conteúdo II: 20%
- Atividades de CTSA II: 20%
- Questões Propostas no Conteúdo III: 10%
- Atividades de CTSA III: 20%

4.14 AVALIAÇÃO DA SEI N° 04

Será entregue um questionário para que os alunos respondam, individualmente, avaliando o desenvolvimento da unidade didática. Esta avaliação propiciará informações que possam servir a uma apreciação crítica do trabalho pedagógico.

Queremos Sua Opinião

Não é necessário se identificar

Caro aluno analise o desenvolvimento desta sequência de ensino expressando sua opinião acerca dos seguintes aspectos.

- Exposição do conteúdo pelo professor:

- Interação da turma com o professor e dos alunos entre si:
- Uso do experimento para melhor compreensão do conteúdo abordado:
- Uso dos textos complementares:
- Resolução dos exercícios:

4.15 ATENDIMENTO AOS DOCUMENTOS OFICIAIS

DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA O ENSINO MÉDIO [7]

Art. 5°

II - trabalho e pesquisa como princípios educativos e pedagógicos, respectivamente;

IV - sustentabilidade ambiental como meta universal;

V - indissociabilidade entre educação e prática social, considerando-se a historicidade dos conhecimentos e dos sujeitos do processo educativo, bem como entre teoria e prática no processo de ensino-aprendizagem;

VI - integração de conhecimentos gerais e, quando for o caso, técnico-profissionais realizada na perspectiva da interdisciplinaridade e da contextualização;

§ 2º A ciência é conceituada como o conjunto de conhecimentos sistematizados, produzidos socialmente ao longo da história, na busca da compreensão e transformação da natureza e da sociedade.

§ 3º A tecnologia é conceituada como a transformação da ciência em força produtiva ou mediação do conhecimento científico e a produção, marcada, desde sua origem, pelas relações sociais que a levaram a ser produzida.

Art. 6º

O currículo é conceituado como a proposta de ação educativa constituída pela seleção de conhecimentos construídos pela sociedade, expressando-se por práticas escolares que se desdobram em torno de conhecimentos relevantes e pertinentes,

permeadas pelas relações sociais, articulando vivências e saberes dos estudantes e contribuindo para o desenvolvimento de suas identidades e condições cognitivas e sócio-afetivas.

Art. 8º

§ 2º A organização por áreas de conhecimento não dilui nem exclui componentes curriculares com especificidades e saberes próprios construídos e sistematizados, mas implica no fortalecimento das relações entre eles e a sua contextualização para apreensão e intervenção na realidade, requerendo planejamento e execução conjugados e cooperativos dos seus professores.

Art. 12º

I - garantir ações que promovam:

c) a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania;

II - adotar metodologias de ensino e de avaliação de aprendizagem que estimulem a iniciativa dos estudantes;

III - organizar os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação de tal forma que ao final do Ensino Médio o estudante demonstre:

a) domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna;

b) conhecimento das formas contemporâneas de linguagem.

Art. 14º

IX - os componentes curriculares devem propiciar a apropriação de conceitos e categorias básicas, e não o acúmulo de informações e conhecimentos, estabelecendo um conjunto necessário de saberes integrados e significativos.

XIII - a interdisciplinaridade e a contextualização devem assegurar a transversalidade do conhecimento de diferentes componentes curriculares, propiciando a interlocução entre os saberes e os diferentes campos do conhecimento.

PCN+ - ENSINO MÉDIO [8]

- As competências gerais no aprendizado das Ciências da Natureza e da Matemática

Respeitando a diversidade das ciências, conduzir o ensino dando realidade e unidade é compreender que muitos aprendizados científicos devem ser promovidos em comum, ou de forma convergente, pela Biologia, pela Física, pela Química e pela Matemática, a um só tempo reforçando o sentido de cada uma dessas disciplinas e propiciando ao aluno a elaboração de abstrações mais amplas.

- Linguagens partilhadas pelas Ciências

O reconhecimento, a utilização e a interpretação de seus códigos, símbolos e formas de representação; a análise e a síntese da linguagem científica presente nos diferentes meios de comunicação e expressão; a elaboração de textos; a argumentação e o posicionamento crítico perante temas de ciência e tecnologia.

Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.

Análise e interpretação de textos e outras comunicações: Consultar, analisar e interpretar textos e comunicações de ciência e tecnologia veiculados por diferentes meios.

Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências.

Discussão e argumentação de temas de interesse: Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia.

- Dos Instrumentos de investigação utilizados

Estratégias para enfrentamento de situações-problema: Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la.

Interações, relações e funções; invariantes e transformações: Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações.

Medidas, quantificações, grandezas e escalas: Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Modelos explicativos e representativos: Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos.

Relações entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e interáreas: Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.

- Da contextualização no ensino das Ciências

Ciência e tecnologia na história: Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social.

Ciência e tecnologia na cultura contemporânea: Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea.

Ciência e tecnologia na atualidade: Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social.

Ciência e tecnologia, ética e cidadania: Reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania

- As competências em Física

Análise e interpretação de textos e outras comunicações de ciência e tecnologia: Consultar, analisar e interpretar textos e comunicações de ciência e tecnologia veiculados por diferentes meios.

Elaboração de comunicações: Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências.

Discussão e argumentação de temas de interesse de ciência e tecnologia: Interações, relações e funções; invariantes e transformações: Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações.

MATRIZ DE REFERÊNCIA PARA O ENEM 2009[9]

- Matriz de referência de Matemática e suas Tecnologias .

Competência de área 3 - Construir noções de grandezas e medidas para a compreensão da realidade e a solução de problemas do cotidiano.

H10 - Identificar relações entre grandezas e unidades de medida.

H12 - Resolver situação-problema que envolva medidas de grandezas.

H13 - Avaliar o resultado de uma medição na construção de um argumento consistente.

H14 - Avaliar proposta de intervenção na realidade utilizando conhecimentos geométricos relacionados a grandezas e medidas.

Competência de área 4 - Construir noções de variação de grandezas para a compreensão da realidade e a solução de problemas do cotidiano.

H17 - Analisar informações envolvendo a variação de grandezas como recurso para a construção de argumentação.

Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

H3 – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

H4 – Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.

Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

H18 – Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

H19 – Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.

H22 – Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.

H23 – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.

3.14 REFERÊNCIAS

[1] SERWAY, Raymond A. Princípios de Física: movimento ondulatório e termodinâmica. Raymond A. Serway, John W. Jewett, Jr.; tradução Leonardo Freire de Melo, Tânia M. V. Freire de Melo. Revisão técnica André Koch Torres Assis. São Paulo. 2006.

[2] SCRIVANO, Carla Newton. *et al*. Ciência, transformação e cotidiano: ciências da natureza e matemática ensino médio: Educação de Jovens e Adultos. – 1 Ed. – São Paulo: Global. 2013. Vários autores. (Coleção Viver e Aprender).

[3] STEFANOVITS, Angelo. Física. 2° Ano. Ensino Médio. Obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida por Edições SM. Editor responsável. Angelo Stefanovits. 2 Ed. São Paulo. Edições SM. 2013.

[4] OSÓRIO, Rachel Giacomoni. MACHADO, Jacimara Guerra. Eficiência de redutores da evaporação em espelhos d'água. Este feito na câmara é referência contra a seca. Brasília – 2005. Disponível em: http://www2.camara.leg.br/responsabilidade-social/ecocamara/arquivos/eficiencia-de-redutores-da-evaporacao-em-espelhos-dagua/view. Último acesso em: 18 de Mai. 2016.

[5] GUIMARÃES, Osvaldo. Física/ Osvaldo Guimarães, José Roberto Piqueira, Wilson Carron. – 1. Ed. – São Paulo: Ática, 2013.

[6] SILVA, Jandson Rafael Pessoa da. ALMEIDA, Maria Kamylla e Silva Xavier de. BARRETO, Ciclamio Leite. Discutindo o processo de evaporação da água e a extração de sal marinho no litoral norte potiguar num enfoque CTSA no PIBID/FISICA/UFRN. XXXIII Encontro de Físicos do Norte e Nordeste. Sociedade Brasileira de Física. Natal UFRN. Disponível em: http://www1.sbfisica.org.br/eventos/efnne/xxxiii_e/sys/resumos/R0905-1.pdf.

[7] BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio. Conselho Nacional de Educação Câmara de Educação Básica. Brasília, 2012.

[8] BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. PCN+ Ensino Médio. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2002.

[9] BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Matriz de referência para o Enem 2009. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Brasília, 2009.

SEQUÊNCIA DE ENSINO INVESTIGATIVA – SEI N° 05

Um Modelo Perfeito
Descrição Macroscópica de um Gás Ideal

5.1 VISÃO GERAL

Esta é a quinta Sequência de Ensino Investigativa (SEI Nº 05) do produto educacional **"Física Térmica com Ênfases Curriculares em CTS(A) e Ensino por Investigação: guia de orientação para o professor".** É iniciada pela aplicação em sala de aula de uma atividade investigativa inicial na forma de um teste de sondagem sobre conhecimentos prévios dos alunos a respeito de questões concernentes aos conteúdos conceituais integrantes do conhecimento sobre gases, sua natureza, propriedades, aplicações etc. As respostas dadas pelos alunos são então discutidas coletivamente, ocasião em que o docente chama a atenção para divergências ou convergências das respostas dadas em relação ao conteúdo científico formal, o qual deverá ser compreendido nestas aulas.

A título de contextualização, segue a exibição de um vídeo que ressalta propriedades básicas de gases através de um acidente doméstico, onde uma criança se queima com a explosão de um balão enchido indevidamente com gás inflamável. O vídeo propicia uma discussão qualitativa de elevado interesse para motivar os alunos, o que é então levado a efeito pelo docente, chamando a atenção para propriedades dos gases e conceitos relacionados. O teste de sondagem e as atividades que compõem o desdobramento do vídeo constituem a problematização inicial. Em três das cinco aulas previstas nesta sequência de ensino há uma seção de explanação de conteúdos, que se referem, respectivamente, a conceitos básicos sobre gases, parâmetros e equações

envolvidos na descrição macroscópica dos gases e a história da evolução dos conceitos concernentes à ciência dos gases.

O processo de construção do conhecimento científico também é enfatizado na abordagem dada aos conteúdos, principalmente no que concerne à determinação da Equação Geral do Gás Ideal. É utilizado um texto que discute desde as contribuições de Robert Boyle, Edmé Mariotte, Jacques Charles, Louis Joseph Gay-Lussac, Amedeo Avogadro e B. P. Emil Clapeyron. E ainda apresenta a equação genérica proposta por J. D. Van der Waals, um modelo mais aproximado do comportamento de gases reais.

As aulas se desenrolam de modo contextualizado, seguindo uma abordagem CTSA baseada em textos cuidadosamente selecionados para este fim, bem como a realização e discussão de atividades investigativas que são solicitadas na classe e fora dela, sobre questões que permitem aplicar o conhecimento assimilado nas explanações, bem como nos próprios textos que são utilizados como apoio.

5.2 MATERIAIS E RECURSOS

- Cópia dos textos de apoio, textos complementares e demais atividades a serem empreendidas em sala de aula;
- Projetor para exibição de slides digitais;
- Quadro branco da sala e pincel.

5.3 DISCIPLINAS CONTEMPLADAS

- Física: No tratamento de conteúdos conceituais específicos desta sequência de ensino.
- Matemática: Na formalização matemática dos conceitos e utilização de equações para resolução de problemas.
- História: nos textos de apoio e nas discussões envolvendo aspectos a evolução das determinações matemáticas que levaram à Equação de Estado do Gás Ideal.

- Português: Na utilização por leitura, compreensão e interpretação dos textos, e na elaboração escrita das argumentações para as respostas dos questionários.
- Biologia: Nas discussões acerca da problemática ambiental ocasionada dos poluentes atmosféricos e a discussão em torno do fenômeno do Aquecimento Global e suas controvérsias.
- Química: Na discussão acerca da natureza de um gás e suas transformações, bem como conceitos envolvidos nas atividades investigativas

5.4 CONCESSÃO DE TEMPO SUGERIDA

Esta sequência de ensino está organizada para ser ministrada em um tempo de cinco aulas, de 40 minutos cada uma, distribuídas conforme o quadro abaixo. No entanto, devemos lembrar que cada aplicação apresentará suas particularidades que poderão influenciar em sua duração.

Quadro 5.1: Roteiro sugerido para implementação da SEI N° 05.

Aula	Roteiro Sugerido	
Aula 01	**Pare e pense** *27 minutos*	- Aplicação do questionário - **Teste de Sondagem- Atividade investigativa I**. *(15 minutos)* - Exibição e discussão do vídeo *(12 minutos)*
	Organização do Conteúdo I *13 minutos*	- Explanação do conteúdo – **Estudo dos Gases** *(10 minutos)* - Orientação de leitura e atividades dos textos de CTSA I *(3 minutos)*
Aula 02	**CTSA I** *30 minutos*	- Discussão do textos CTSA I: **Os principais gases que compõem o ar e suas aplicações** e **Poluentes atmosféricos** *(10 minutos)* - Discussão da atividade extraclasse: **Atividade Investigativa I** *(20 minutos)*
	Organização do Conteúdo II *10 minutos*	- Explanação do conteúdo – **Gás ideal, Número de mols, Equação de Estado, Constante Universal dos Gases, Constante de Boltzmann** *(20 minutos)* - Orientação de atividade extraclasse
	Organização do Conteúdo II *20 minutos*	- Resolução da **Atividade Investigativa II** pelos alunos e discussão em sala. *(20 minutos)*

Aula 03	**Organização do Conteúdo III** *20 minutos*	- Explanação do conteúdo: **Um pouco de História - A Evolução Histórica para a Interpretação do Comportamento dos Gases** *(10 minutos)* - Explanação do conteúdo: **Transformações Gasosas** *(10 minutos)*
Aula 04	**Organização do Conteúdo III** *40 minutos*	- Resolução da **Atividade Investigativa III** pelos alunos e discussão em sala. *(35 minutos)* - Orientação de Leitura e atividade extraclasse referente ao texto CTSA II
Aula 05	**CTSA II** *40 minutos*	- Discussão do texto CTSA II: **Aquecimento Global** *(10 minutos)* - Resolução da **Atividade Investigativa IV** pelos alunos e discussão em sala. *(25 minutos)* - Avaliação da SEI pelos alunos *(5 minutos)*
	Avaliação da SEI *(5 minutos)*	- Aplicação do questionário para avaliação da SEI. *(5 min)*

Fonte: Elaborado pela autora

5.5 PARE E PENSE – ATIVIDADE INVESTIGATIVA I

Aplicação de Questionário – Teste de Sondagem

A aula é iniciada com a distribuição de um teste de sondagem impresso em forma de questionário contendo três questões que devem ser respondidas individualmente e por escrito.

Quadro 5.2: Teste de Sondagem – SEI N° 05

Teste de sondagem

Nome: _____

1. Se você abrir um frasco com um perfume em um canto de uma sala, perceberá que após algum tempo, o cheiro se espalhou pela sala inteira. Por que isso acontece?

_____
_____
_____
_____
_____

2. Por que quando enchemos um balão com o ar dos pulmões (gás carbônico) ele não sobe?

_____
_____
_____
_____
_____

3. Se um balão, cheio de gás hélio inicialmente à temperatura ambiente for colocado em um *freezer*, o que acontecerá com o volume de gás no interior no balão?

_____
_____
_____
_____
_____

Fonte: Elaborado pela autora

Discussão dos questionários

A discussão acerca do questionário deve ser feita logo em seguida para introduzir a discussão acerca da natureza de um gás e suas possíveis mudanças de estado.

Exibição de Vídeo

Sugere-se a exibição e discussão de uma reportagem onde um menino de quatro (04) anos sofre queimaduras após balão de gás estourar. O balão, cheio de gás inflamável, explodiu e ocasionou queimaduras de preimeiro grau na perna do menino.

Link para o vídio: https://www.youtube.com/watch?v=fUOaFa6_LIU

Figura 5.4: ***Trecho do vídeo na reportagem: momento em que o balão estoura.***
Fonte: http://g1.globo.com/goias/noticia/2016/04/menino-sofre-queimaduras-apos-balao-de-gas-estourar-veja-video.html

Figura 5.2: ***Queimaduras ocasionadas pela explosão do balão.***
Fonte: http://g1.globo.com/goias/noticia/2016/04/menino-sofre-queimaduras-apos-balao-de-gas-estourar-veja-video.html

Neste momento, sugere-se uma discussão acerca das propriedades dos gases citados no vídeo (hélio, hidrogênio, gás butano) e dos riscos de provocar acidentes ao usar hidrogênio ou outro gás inflamável para encher balões.

5.6 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO I

Orientamos que os textos de apoio e as atividades desta sequência estejam disponíveis na versão de impressão (uma cópia por aluno), juntamente com as questões propostas.

Nesta sessão uma introdução com noções básicas sobre o estado gasoso da matéria e as grandezas que determinam o estado de um gás.

ESTUDO DOS GASES

Adaptado a partir de Guimarães et al. (2013)

A concepção do que é a fase gasosa da matéria foi sendo constituída por muitas descobertas da física, não sendo o resultado da conceituação feita por apenas um pesquisador genial sobre essa questão como a entendemos hoje. Dessa forma, ela é resultado de vários aperfeiçoamentos ocorridos com o passar do tempo.

Atualmente, dispomos de um modelo de gás que descreve, com excelente aproximação e simplicidade, o comportamento dos gases em geral, desde o oxigênio que respiramos até a grande quantidade de amônia da atmosfera de Júpiter.

Os gases não são uma extensão contínua de matéria, mas, sim, um conjunto de partículas muito distantes entre si, em relação às suas dimensões, que podemos ~~considerar~~ considerá-las pontos materiais. O conjunto que chamamos de gás são as partículas e os grandes espaços vazios entre elas. As interações entre as partículas ocorrem somente durante os choques (colisões). A atração ou repulsão (seja de natureza elétrica ou gravitacional) entre as partículas é desprezível em seu efeito global. Consequentemente, elas exercem forças mútuas durante as colisões, que são extremamente escassas em ambientes ordinários (pressão de 1 atm e temperatura de até 25 °C). Essas características se aplicam à maioria dos gases. Essa hipótese está intimamente relacionada com os princípios ~~da~~ de conservação da energia e do momentum.

Cerca de 10% dos elementos da tabela periódica, em condições ambientes, são gases (Figura 5.1). O ar que respiramos é uma mistura de gases composta principalmente de nitrogênio e oxigênio.

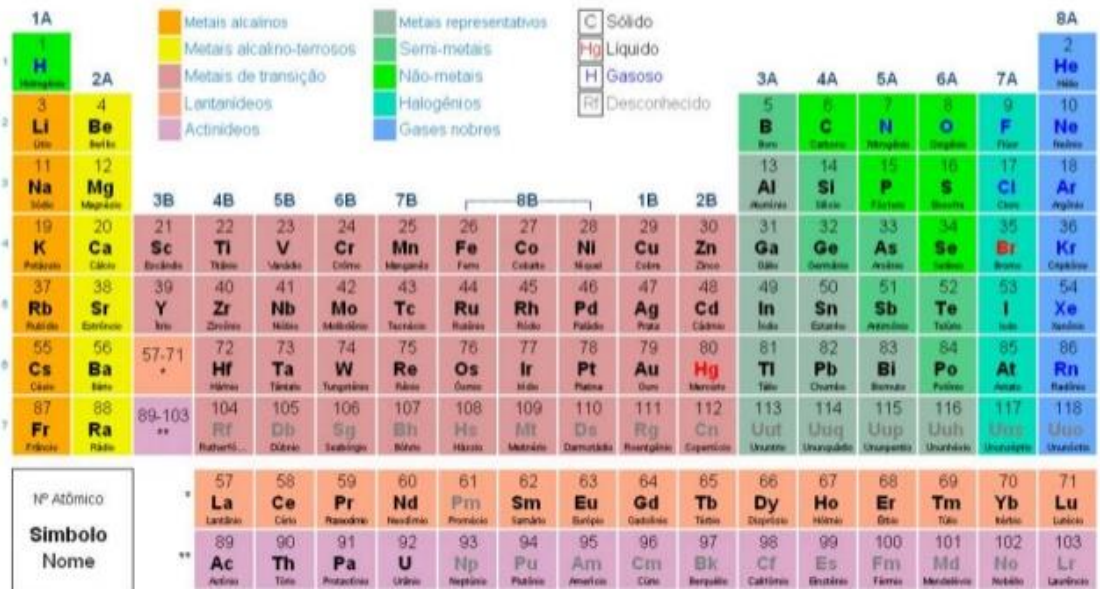


Figura 5.1: Tabela periódica dos elementos químicos.
Fonte: http://pt.slideshare.net/thibenevides/tabela-peridica-25851240

Embora os gases sejam constituídos de partículas, vamos nos preocupar apenas com as três grandezas *macroscópicas* que caracterizam um sistema gasoso: pressão,

volume e temperatura. Em função dessas grandezas, estudaremos o comportamento de um gás que consideramos como ideal ou perfeito.

Na natureza, o gás ideal ou perfeito não existe. Experimentalmente, porém, verificamos que os gases reais submetidos a baixas pressões e altas temperaturas (ou seja, com densidades bem baixas) têm comportamento muito próximo dos previstos para o gás ideal.

A pressão, o volume e a temperatura são as grandezas macroscópicas que definem a situação em que um gás se encontra, ou seja, o seu estado termodinâmico. Por isso recebem o nome de **variáveis de estado**. Podemos associá-las a um gás da seguinte forma:

- Pressão P: resulta de colisões que as partículas constituintes do gás efetuam contra as paredes do recipiente que o contém (medida no SI em pascal, ou newton por metro quadrado);
- Volume V: volume do recipiente (medida no SI em metro cúbico);
- Temperatura T: grau de agitação térmica molecular (medida no SI em kelvin, ou graus de temperatura absoluta).

Quando uma dessas grandezas sofre alteração, ocorre mudança em pelo menos uma das outras duas. Nesse caso, dizemos que o gás sofre uma transformação.

5.7 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE - CTSA I

Os textos a seguir devem ser lidos conjuntamente e em seguida desenvolvida a atividade sugerida, em sala de aula ou em casa. A discussão dos textos deve ser feita em sala de aula, mediada pelo professor. O primeiro texto trata da constituição do ar puro, de algumas aplicações de seus constituintes e faz menção à preocupação referente à quantidade de gás carbônico na atmosfera. O segundo texto trata de forma objetiva sobre os principais poluentes atmosféricos, suas fontes e efeitos – uma prévia para a discussão sobre o fenômeno do Aquecimento Global e suas controvérsias, que vem na sequência.

OS PRINCIPAIS GASES QUE COMPÕEM O AR E SUAS APLICAÇÕES

De O Blog do Mestre [2]

O ar atmosférico é uma mistura homogênea de diversos gases, sendo os principais o nitrogênio, o oxigênio, o dióxido de carbono ou gás carbônico, os gases nobres ou raros (hélio, neônio, radônio, argônio, xenônio e criptônio) e vapores de outros gases. Vapor de água e poeira também fazem parte da mistura.

O nitrogênio está em cerca de 78% do ar atmosférico, tendo ponto de evaporação de -195°C. Ele é utilizado pela medicina no gás hilariante, um anestésico. Também entra na composição de explosivos, como o famoso trinitrotolueno ou TNT (tolueno - composto aromático, ou seja, com anel benzênico). Nos seres vivos, o nitrogênio está nos aminoácidos, unidades formadoras das proteínas, sendo átomo formador dos radicais amina.

Figura 5.3: Vários gases compõem o ar em que respiramos, em diferentes concentrações.
Fonte: http://www.oblogdomestre.com.br/2014/01/composicaodoar.quimica.html

O gás oxigênio é fundamental à vida, participando das reações de respiração celular. Constitui cerca de 21% do ar, com ponto de evaporação de -183°C. Note que os pontos de evaporação dos gases constituintes do ar, trivialmente, deveria ser bastante baixo, fora dos limites de temperatura usuais na atmosfera. Além da função

metabólica, o oxigênio é usado em indústrias metalúrgicas, de papel e celulose, em hospitais, clínicas e ambulatórios, entre muitas outras aplicações.

Já o gás carbônico tem proporção variável, de cerca de 0,03%, com ponto de evaporação de -78,5°C; sendo preocupação constante o seu aumento na atmosfera por ser um dos gases do efeito estufa. Redução ou compensação biológica das suas emissões é tarefa difícil, pois o gás é liberado como resíduo da respiração celular, na combustão (em queimadas, pelos escapamentos de carros, chaminés, etc.). É usado no refino de açúcar, em extintores (por não ser combustível), no gelo-seco, na gaseificação artificial de refrigerantes e águas minerais, etc. Para a redução de suas emissões, cada um deve fazer a sua parte e levar esta consciência ao outro.

Disponível em: http://www.oblogdomestre.com.br/2014/01/composicaodoar.quimica.html

POLUENTES ATMOSFÉRICOS

De Ministério do Meio Ambiente [3]

Aldeídos (RCHO): Compostos químicos resultantes da oxidação parcial dos alcoóis ou de reações fotoquímicas na atmosfera, envolvendo hidrocarbonetos.

Fontes: são emitidos na queima de combustível em veículos automotores, principalmente nos veículos que utilizam etanol. Os aldeídos emitidos pelos carros são o Formaldeído e o Acetaldeído (predominante).

Efeitos: seus principais efeitos são a irritação das mucosas, dos olhos, do nariz e das vias respiratórias em geral e podem causar crises asmáticas, são ainda compostos carcinogênicos potenciais.

Dióxido de Enxofre (SO_2): é um gás tóxico e incolor, pode ser emitido por fontes naturais ou por fontes antropogênicas e pode reagir com outros compostos na atmosfera, formando material particulado de diâmetro reduzido.

Fontes: fontes naturais, como vulcões, contribuem para o aumento das concentrações de SO2 no ambiente, porém na maior parte das áreas urbanas as atividades humanas são as principais fontes emissoras. A emissão antropogênica é causada pela

queima de combustíveis fósseis que contenham enxofre em sua composição. As atividades de geração de energia, uso veicular e aquecimento doméstico são as que apresentam emissões mais significativas.

Efeitos: entre os efeitos a saúde, podem ser citados o agravamento dos sintomas da asma e aumento de internações hospitalares, decorrentes de problemas respiratórios. São precursores da formação de material particulado secundário. No ambiente, podem reagir com a água na atmosfera formando chuva ácida.

Dióxido de Nitrogênio (NO_2): é um gás poluente com ação altamente oxidante, sua presença na atmosfera é fator chave na formação do ozônio troposférico. Além de efeitos sobre a saúde humana apresenta também efeitos sobre as mudanças climáticas globais.

Fontes: as fontes podem ser naturais (vulcanismos, ações bacterianas, descargas elétricas) e antropogênicas (processos de combustão em fontes móveis e fixas). As emissões naturais são em maior escala que as antropogênicas, porém, em razão de sua distribuição sobre o globo terrestre, tem menor impacto sobre as concentrações deste poluente nos centros urbanos.

Efeitos: altas concentrações podem levar ao aumento de internações hospitalares, decorrente de problemas respiratórios, problemas pulmonares e agravamento à resposta das pessoas sensíveis a alérgenos. No ambiente pode levar a formação de *smog* fotoquímico e a chuvas ácidas.

Hidrocarbonetos (HC): compostos formados de carbono e hidrogênio e que podem se apresentar na forma de gases, partículas finas ou gotas. Podem ser divididos em:

- THC - hidrocarbonetos totais;
- CH_4 - hidrocarboneto simples, conhecido como metano;
- NMHC - hidrocarbonetos não metano, compreendem os HC totais (THC) menos a parcela de metano (CH_4).

Fontes: provêm de uma grande variedade de processos industriais e naturais. Nos centros urbanos as principais fontes emissoras são os carros, ônibus e caminhões, nos processos de queima e evaporação de combustíveis.

Efeitos: são precursores para a formação do ozônio troposférico e apresentam potencial causador de efeito estufa (metano).

Material Particulado (MP): é uma mistura complexa de sólidos com diâmetro reduzido, cujos componentes apresentam características físicas e químicas diversas. Em geral o material particulado é classificado de acordo com o diâmetro das partículas, devido à relação existente entre diâmetro e possibilidade de penetração no trato respiratório.

Fontes: as fontes principais de material particulado são a queima de combustíveis fósseis, queima de biomassa vegetal, emissões de amônia na agricultura e emissões decorrentes de obras e pavimentação de vias.

Efeitos: estudos indicam que os efeitos do material particulado sobre a saúde incluem: câncer respiratório, arteriosclerose, inflamação de pulmão, agravamento de sintomas de asma, aumento de internações hospitalares e podem levar à morte.

Monóxido de Carbono (CO): é um gás inodoro e incolor, formado no processo de queima de combustíveis.

Fontes: é emitido nos processos de combustão que ocorrem em condições não ideais, em que não há oxigênio suficiente para realizar a queima completa do combustível. A maior parte das emissões em áreas urbanas são decorrentes dos veículos automotores.

Efeitos: este gás tem alta afinidade com a hemoglobina no sangue, substituindo o oxigênio e reduzindo a alimentação deste ao cérebro, coração e para o resto do corpo, durante o processo de respiração. Em baixa concentração causa fadiga e dor no peito, em alta concentração pode levar a asfixia e morte.

Ozônio (O_3): é um poluente secundário, ou seja, não é emitido diretamente, mas formado a partir de outros poluentes atmosféricos, e altamente oxidante na troposfera (camada inferior da atmosfera). O ozônio é encontrado naturalmente na estratosfera (camada situada entre 15 e 50 km de altitude), onde tem a função positiva de absorver radiação solar, impedindo que grande parte dos raios ultravioletas cheguem a superfície terrestre.

Fontes: a formação do ozônio troposférico ocorre através de reações químicas complexas que acontecem entre o dióxido de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis, na presença de radiação solar. Estes poluentes são emitidos principalmente na queima de combustíveis fósseis, volatilização de combustíveis, criação de animais e na agricultura.

Efeitos: entre os efeitos à saúde estão o agravamento dos sintomas de asma, de deficiência respiratória, bem como de outras doenças pulmonares (enfisemas, bronquites, etc.) e cardiovasculares (arteriosclerose). Longo tempo de exposição pode ocasionar redução na capacidade pulmonar, desenvolvimento de asma e redução na expectativa de vida.

Poluentes Climáticos de Vida Curta (PCVC ou em inglês SLCP): são poluentes que tem vida relativamente curta na atmosfera (de alguns dias à algumas décadas), apresentam efeitos nocivos à saúde, ao ambiente e também agravam o efeito estufa. Os principais PCVC são o carbono negro, o metano, o ozônio troposférico e os hidrofluorocarbonetos (HFC).

Fontes: as fontes principais de carbono negro são a queima ao ar livre de biomassa, motores a diesel e a queima residencial de combustíveis sólidos (carvão, madeira). As fontes de metano antropogênicas são sistemas de óleo e gás, agricultura, criação de animais, aterros sanitários e tratamentos de esgotos. Com relação aos HFCs seu uso ocorre principalmente em sistemas de ar condicionado, refrigeração, supressores de queima, solventes e aerossóis.

Efeitos: os PCVCs tem efeitos negativos sobre a saúde humana, sobre os ecossistemas e sobre a produção agrícola. O carbono negro é um dos componentes do material particulado, o qual apresenta efeitos nocivos sobre os sistemas respiratório e sanguíneo, podendo levar a óbito. O metano tem grande potencial de aquecimento global, além de ser precursor na formação do ozônio troposférico. Os HFCs, assim como o metano, também apresentam grande potencial de aquecimento global.

Disponível em: http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos

ATIVIDADE INVESTIGATIVA II

1- Por que a quantidade de gás carbônico na atmosfera é um fator preocupante?

2- Retome o texto da SEI N° 02 (o caso do lago Nyos) e responda por que os moradores da região do lago morreram asfixiados.

3- Como a ação antropogênica pode comprometer a qualidade do ar atmosférico?

4- Que atitudes podem ser tomadas pelo governo e pela sociedade para diminuir a quantidade de poluentes atmosféricos emitidos pela ação antropogênica?

5.8 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO II

A partir desta sessão se inicia o estudo mais objetivo acerca do comportamento dos gases e das variáveis que influenciam suas transformações.

GÁS IDEAL

Adaptado a partir de Serway (2006)[4]

As propriedades dos gases são muito importantes em uma série de processos térmicos. Nosso clima diário é um exemplo perfeito dois tipos de processos que dependem do comportamento dos gases.

Se introduzirmos um gás em um recipiente, ele se expande para encher uniformemente o recipiente. Assim, o gás não tem volume fixo ou uma pressão fixa. Seu volume é o do recipiente e sua pressão depende do tamanho do recipiente. Nesta seção estaremos preocupados com as propriedades de um gás com pressão P e temperatura T, confinado em um recipiente de volume V. é útil saber como essas grandezas estão relacionadas. Em geral, a equação que as relaciona, chamada de equação de estado, pode ser complicada. Entretanto, se o gás for mantido a uma pressão muito baixa (ou densidade

baixa), a equação de estado encontrada experimentalmente é relativamente simples. Um gás de densidade tão baixa geralmente é denominado um gás ideal. a maioria dos gases na temperatura ambiente e pressão atmosférica comporta-se aproximadamente como gás ideal. Adotaremos um modelo de simplificação, chamado de modelo do gás ideal, para esses tipos de estudos.

Um gás ideal é um conjunto de átomos ou moléculas que se movem aleatoriamente, não exercendo nenhuma força de longo alcance um sobre o outro, e ocupa uma fração insignificante do volume de seu recipiente.

O NÚMERO DE MOLS

Adaptado a partir de Serway (2006)[4]

É conveniente expressar a quantidade de gás em um determinado volume em termos do número de mols. Um mol de qualquer substância é a massa dessa substância que contém o número de Avogadro, $N_A = 6{,}022 \cdot 10^{23}$, de moléculas. O número de mols de uma substância em uma amostra, n, relaciona-se com a sua massa m - amostra de acordo com a expressão:

$$N = \frac{m}{M} \qquad \text{Eq. 5.1}$$

onde M é a massa molecular da substância, geralmente expressa em gramas por mol. Por exemplo, a massa molecular da molécula de oxigênio, O_2, é 32,0 g/mol. A massa de 1 mol de oxigênio é, consequentemente, 32,0g. podemos calcular a massa de uma molécula dividindo a massa molecular pelo número de moléculas, que é o número de Avogadro. Sendo assim para oxigênio,

$$n = \frac{M}{N_A} = \frac{32 \cdot 10^{-3} kg/mol}{6{,}02 \cdot 10^{23} moléculas/mol} = 5{,}32 \cdot 10^{-26} kg/moléculas$$

EQUAÇÃO DE ESTADO

Adaptado a partir de Serway (2006) [4]

Suponha agora que um gás ideal está confinado em um recipiente cilíndrico cujo volume pode ser variado por meio de um pistão móvel, como na Fig. 5.1. Vamos pressupor que o cilindro não vaza que e, assim, que o número de mols do gás permanece constante. Para tal sistema, experimentos fornecem a seguinte informação. Primeiramente, o gás é mantido em uma temperatura constante, sua pressão é inversamente proporcional ao volume. (Isso é historicamente conhecido como a **lei de Boyle & Mariotte**). Em segundo lugar, quando a pressão do gás é mantida constante, o volume é diretamente proporcional à temperatura. (Isso é historicamente conhecido como a **lei de Charles & Gay-Lussac**). Essas observações podem ser resumidas pela seguinte equação de estado, conhecida como a lei do gás ideal:

$$PV = nRT \qquad \text{Eq. 5.2}$$

Nesta expressão, R é uma constante para um gás específico que pode ser determinada experimentalmente e T é a temperatura absoluta em kelvin.

Figura 5.1: Gás ideal num recipiente cilíndrico cujo volume pode variar através do pistão (ou êmbolo) móvel.
Fonte: http://w3.ualg.pt/~arodrig/Documentos/F%C3%ADsica%20II/TermoCap1c.pdf

A CONSTANTE UNIVERSAL DOS GASES

Adaptado a partir de Serway (2006) [4]

Experimentos com diversos gases demonstram que, quando a pressão se aproxima de zero, a grandeza $\frac{PV}{nT}$ se aproxima do mesmo valor de R para todos os gases. Por essa razão, R é chamada de constante universal dos gases. Em unidades do SI, onde a pressão é expressa em Pascal e o volume em metros cúbicos, R tem o valor

$$R = 8{,}315\, J/mol.K$$

se a pressão for expressa em atmosfera e o volume em litros ($1l = 10^3\ cm^3 = 10^{-3}\ m^3$), então tem o valor

$$R = 0{,}0821\ L.atm/mol.K$$

A CONSTANTE DE BOLTZMANN

Adaptado a partir de Serway (2006) [4]

Utilizando este valor de R e a equação 5.2, encontramos que o volume ocupado por um mol de qualquer gás à pressão atmosférica e à temperatura de 0 °C (273 K) é 22,4 L.

A lei do gás ideal é frequentemente expressa em termos do número total de moléculas N. como o número total de moléculas iguala o produto do número de moles pelo número de Avogadro N_A, podemos escrever a equação como

$$PV = nRT = \frac{N}{N_A}RT$$

ou

$$PV = Nk_BT \qquad \text{Eq. 5.3}$$

onde k_B é chamado de **constante de Boltzmann** e tem o valor

$$k_B = \frac{R}{N_A} = 1{,}38 \cdot 10^{-23}\, J/K.$$

ATIVIDADE INVESTIGATIVA - III

Serway (2006) [4]

1. Algumas pessoas que fazem piquenique param na loja de conveniência e compram comida, incluindo sacos de salgadinhos. Elas dirigem montanha acima até seu local de piquenique. Quando descarrega o alimento observam que os sacos de salgadinhos estão inflados como balões. Por que isso ocorre?
2. O que a lei do gás ideal prediz sobre o volume de um gás a zero absoluto? Por que essa previsão é incorreta?
3. O que acontece a um balão cheio de gás hélio liberado no ar? Ele se expande ou se contrai? Ele para de subir a alguma altura?

5.9 ORGANIZAÇÃO DO CONTEÚDO III

UM POUCO DE HISTÓRIA

Esta sessão é dedicada a um breve resgate do processo de construção do conhecimento para a determinação da Equação Geral do Gás Ideal, passando pelas contribuições de Robert Boyle, Edmé Mariotte, Jacques Charles, Louis Joseph Gay-Lussac, Amadeo Avogadro até B. P. Emil Clapeyron. E ainda apresenta a equação genérica proposta por J.D. Van der Waals, um modelo mais aproximado do comportamento de gases reais.

A EVOLUÇÃO HISTÓRICA DA INTERPRETAÇÃO DO COMPORTAMENTO DOS GASES

Texto do NAUTILUS / Departamento de Física / Universidade de Coimbra [5]

Os estudos mais relevantes sobre o comportamento dos gases remontam ao século XVII quando o físico e químico anglo-irlandês **Robert Boyle,** em 1660, realizou diversas experiências com gases. Nas suas experiências, Boyle usou um tubo de vidro em forma de U, semelhante ao da figura, fechado numa das extremidades. Boyle encerrou uma amostra de ar no ramo fechado e mediu o seu volume à pressão atmosférica: o mercúrio, nestas condições, estaciona ao mesmo nível nos dois ramos. Introduzindo mais mercúrio no ramo aberto, a amostra de ar é comprimida, diminuindo o seu volume.

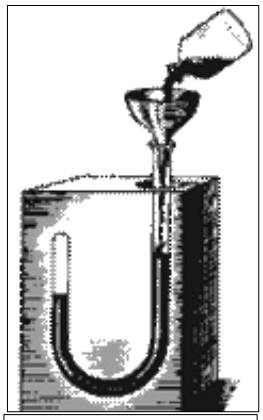


Figura 5: ***Experimento de Boyle***
Fonte:http://nautilus.fis.uc.pt/cec/pressao/dados/anexo7/index.html

Verificou então que, mantendo constante a temperatura, o aumento de pressão é acompanhado por uma diminuição do volume da amostra. Por outro lado, as variações de pressão e volume verificadas eram tais que o produto p × V se mantinha constante, isto é, p e V são grandezas inversamente proporcionais: $\boldsymbol{P_1/P_2 = V_2/V_1}$.

Em 1676, o físico francês **Edmé Mariotte** reproduziu a mesma experiência de Boyle, mas utilizando um dispositivo experimental diferente e divulgou-a em França, mas cedeu todos os créditos à Boyle pela descoberta. A referida lei é conhecida como Lei de Boyle-Mariotte.

A verificação experimental da relação entre volume e temperatura, para uma pressão constante, foi realizada pela primeira vez em 1787, por **Jacques Charles**. Uns anos mais tarde, em 1802, **Louis Joseph Gay-Lussac** chegou ao mesmo resultado - hoje conhecida como Lei de Charles ou primeira Lei de Charles e Gay-Lussac: "Sob uma mesma pressão, o volume de um gás varia linearmente com a temperatura". Matematicamente, esse enunciado é traduzido pela equação:

$$\boldsymbol{V = V_0(1 + \alpha\, t)}$$

$\boldsymbol{V}$ e $\boldsymbol{V_0}$ representam os volumes gasosos, à temperatura de $\boldsymbol{t}$ ºC e 0 ºC, respectivamente; o coeficiente de dilatação α assume para todos os gases o valor de 1/273,15.

Considerando-se as temperaturas na escala absoluta, a primeira Lei de Charles e Gay-Lussac- apresenta-se sob uma outra forma: "À pressão constante, os volumes de uma massa gasosa estão entre si como as temperaturas absolutas que lhes correspondem":

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}.$$

Um outro tipo de transformação pode ocorrer num sistema gasoso - a transformação isocórica ou isométrica, durante a qual o volume do gás se mantém constante, enquanto a pressão e a temperatura variam. As pesquisas realizadas com processos isocóricos conduziram à Lei de Gay-Lussac ou segunda Lei de Charles e Gay-Lussac: "Mantendo-se constante o volume, as pressões de uma massa gasosa variam linearmente com a temperatura". A sua expressão matemática é:

$$P = P_0 \left(1 + \alpha t\right)$$

Onde $\boldsymbol{P}$ é a pressão do gás a $\boldsymbol{t}$ ºC, $\boldsymbol{P_0}$ a pressão a 0 ºC; sendo α o coeficiente de dilatação.

Considerando-se as temperaturas na escala absoluta, a segunda Lei de Charles e Gay-Lussac- apresenta-se sob uma outra forma: "A volume constante, as pressões de uma massa gasosa estão entre si como as temperaturas absolutas que lhes correspondem":

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{T_1}{T_2}.$$

O primeiro cientista a dar o nome de molécula aos "átomos compostos" resultantes de uma ligação química é **Amadeo Avogadro**. Em 1811 formula uma hipótese, hoje conhecida como Lei de Avogadro, decisiva para o desenvolvimento posterior da teoria atómico-molecular: "volumes iguais de gases diferentes contêm igual número de moléculas quando medidos nas mesmas condições de temperatura e pressão":

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{n_1}{n_2}.$$

Essa ideia leva à descoberta posterior do número de moléculas contido numa molécula-grama (hoje chamada de massa molar) de uma substância, o chamado número de Avogadro: 6,023 x 10^{23} um valor constante, válido para todas as substâncias.

Em 1834, **B. P. Emil Clapeyron** reunindo os trabalhos experimentais de Boyle, Charles, Gay-Lussac e Avogadro chegou a equação da Lei dos gases ideais:

$$PV = nRT$$

Em 1873, **J.D. van der Waals** propôs uma equação diferente. Observou que a equação geral dos gases ideais não correspondia ao observado em gases reais. Isto porque para gases ideias assume-se que, de acordo com a teoria cinética dos gases ideias, não existem forças atractivas e/ou repulsivas entre as partículas do gás e que o volume de cada partícula era zero. van der Waals introduziu então à famosa equação $\boldsymbol{PV = nRT}$ mais dois parâmetros, relacionados com o tamanho e as forças intermoleculares. Este físico reescreveu a equação dos gases ideias e publicou uma nova equação, conhecida como equação de van der Waals para os gases reais.

Num gás real, a pressão é menor do que a prevista pela lei dos gases ideais devido à existência de forças atractivas intermoleculares. Por isso, a pressão é corrigida pela expressão $\frac{\boldsymbol{a^2}}{\boldsymbol{V^2}}$. Da mesma forma, moléculas reais têm volume. O termo $\boldsymbol{b}$ é uma função do diâmetro esférico da molécula do gás, conhecido como diâmetro de van der Waals. E, para n mols de gás, a equação genérica é:

$$\left(\boldsymbol{P} + \frac{\boldsymbol{n\,a}_2}{\boldsymbol{V}_2}\right)(\boldsymbol{V} - \boldsymbol{nb}) = \boldsymbol{nRT}$$

Na tabela, referida a seguir, indicam-se alguns valores de $\boldsymbol{a}$ e $\boldsymbol{b}$ para alguns gases. Verifica-se que os gases como hidrogénio, hélio e néon apresentam valores muito próximos de zero. Isto porque evidenciam muito poucas interacções intermoleculares no estado gasoso, o seu comportamento é quase ideal.

Gás	a (atm dm^6 mol^{-2})	b (dm^3 mol^{-1})
He	0,034	0,0237
Ne	0,211	0,0171
H_2	0,244	0,0266
O_2	1,36	0,0318
N_2	1,39	0,0391
CO_2	3,59	0,0427
NH_3	4,17	0,0371
H_2O	5,46	0,0305

Tabela 5.2: Valores dos termos a e b para alguns gases
Fonte: adaptado de http://nautilus.fis.uc.pt/cec/pressao/dados/anexo7/index.html

Todo o texto disponível em: http://nautilus.fis.uc.pt/cec/pressao/dados/anexo7/index.html

TRANSFORMAÇÕES GASOSAS

Adaptado de Guimarães et. al. (2013)[1]

Normalmente, durante uma transformação gasosa, a pressão, o volume e a temperatura variam. Entretanto, sob determinadas condições, uma das variáveis de estado pode ser mantida constante; nesse caso, as transformações gasosas particulares: **isobárica** (pressão constante), **isométrica** (volume constante) e **isotérmica** (temperatura constante). A tabela 5.2 apresenta o comportamento das variáveis de estado para cada uma das transformações particulares e para a transformação **geral** (pressão, volume e temperatura variam). É importante ressaltar que, nas transformações gasosas apresentadas na tabela, a quantidade de gás não se altera, ou seja, a massa m permanece constante.

Tabela 5.2: Transformações gasosas

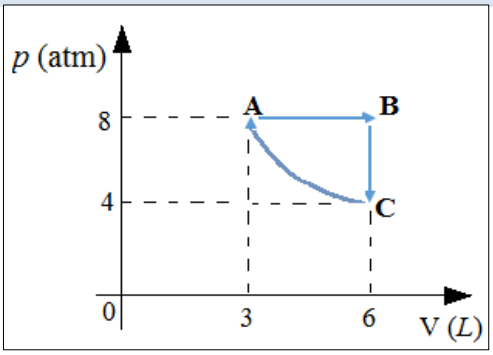
Transformação	Característica	Relação	Equação
Isobárica	Pressão constante	O volume é diretamente proporcional à temperatura	$\frac{V}{T} = constante$ $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$
Isométrica	Volume constante	A pressão é diretamente proporcional à temperatura absoluta	$\frac{P}{T} = constante$ $\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2}$
Isotérmica	Temperatura constante	A pressão é inversamente proporcional ao volume	$P.V = constante$ $P_1.V_1 = P_2.V_2$
Geral	Pressão, volume e temperatura variam	$\frac{P.V}{T} = constante$	$\frac{P_1.V_1}{T_1} = \frac{P_2.V_2}{T_2}$

Fonte: Guimarães et. al. (2013)

ATIVIDADE INVESTIGATIVA IV

1. Uma lâmpada elétrica de filamento contém certa quantidade de um gás inerte. Quando a lâmpada está funcionando o gás apresenta uma temperatura aproximada de 127 °C e a sua pressão é igual à pressão atmosférica. Supondo-se que o volume da lâmpada não varie de forma apreciável, qual será a pressão do gás à temperatura ambiente de 27 °C quando a lâmpada estiver desligada?

2. Determinada massa de um gás ideal sofre uma sequência de transformações, retornando ao estado inicial (ver gráfico a seguir). Uma das transformações é isotérmica. A temperatura do gás no estado A é 600K.



a) Qual das transformações ($A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$, ou $C \rightarrow A$) é a isotérmica?

b) Classifique as outras duas transformações. Determine as pressões e temperaturas nos estados *B* e *C*.

c) Determine as pressões e temperaturas nos estados A, B e C.

3. Estime a massa de ar contida na sala de aula. Indique as grandezas que você considera como dados e o valor medido ou estimado de cada uma.

5.10 INTEGRAÇÃO CIÊNCIA-TECNOLOGIA-SOCIEDADE-AMBIENTE - CTSA II

O texto a seguir aborda o tema Aquecimento Global relacionando-o diretamente com a quantidade de dióxido de carbono presente na atmosfera e o aumento crescente deste gás desde a segunda metade do século XX. Ressalta que apesar do fenômeno não ser aceito por unanimidade entre os cientistas, há uma grande preocupação em torno das mudanças atmosféricas e que, isto implica não somente em problema ambiental, mas de política e economia internacionais.

AQUECIMENTO GLOBAL

Adaptado de Serway (2006)[4]

Numerosas matérias jornalísticas têm detalhado o aumento da temperatura da terra e os resultados subsequentes, Como o derretimento das calotas polares e as mudanças no clima com seus efeitos sobre a vegetação. Dados cometidos durante as últimas décadas são interpretados por alguns cientistas que mostram um aumento mensurável da temperatura global. A vida na Terra Depende de um delicado equilíbrio que mantém a temperatura global de uma estreita faixa de variação necessária para nossa sobrevivência. Como essa temperatura é determinada? Quais fatores precisam estar em equilíbrio para manter a temperatura constante? Se pudermos criar um modelo adequado para calcular temperatura da terra, poderemos prever mudanças na temperatura a medida que variamos os parâmetros.

Provavelmente você tem um intenso entre piso para a temperatura de um corpo, e enquanto o corpo for pequeno (e não está em combustão ou outro processo rápido), nenhuma variação significativa de temperatura ocorre entre seus diferentes pontos. Mas e quanto é um corpo gigantesco como a terra? é claro que nem uma temperatura única descreve todo o planeta - sabemos que é verão na Austrália quando é inverno no Canadá. As calotas polares de gelo claramente possuem temperaturas diferentes das regiões tropicais. Variações também ocorrem dentro de um único grande volume de água como um oceano. Sendo assim, quando falamos de temperatura da terra, referimo-nos a

temperatura média da superfície, levando em consideração as variações através da superfície. É esta temperatura média que gostaríamos de calcular ao construir um modelo estrutural da atmosfera.

Um dos fatores primários na determinação da temperatura da superfície da terra e a existência da nossa atmosfera. A atmosfera é uma camada relativamente fina (comparada com um raio da Terra) diga sobre a superfície que nos fornece o oxigênio que garantem a vida. Além de fornecer esse importante elemento para a vida, atmosfera desempenha um papel fundamental no equilíbrio de energia que determina a temperatura média. Neste contexto que podemos focar a física dos gases e aplicarmos os princípios que aprendemos à atmosfera.

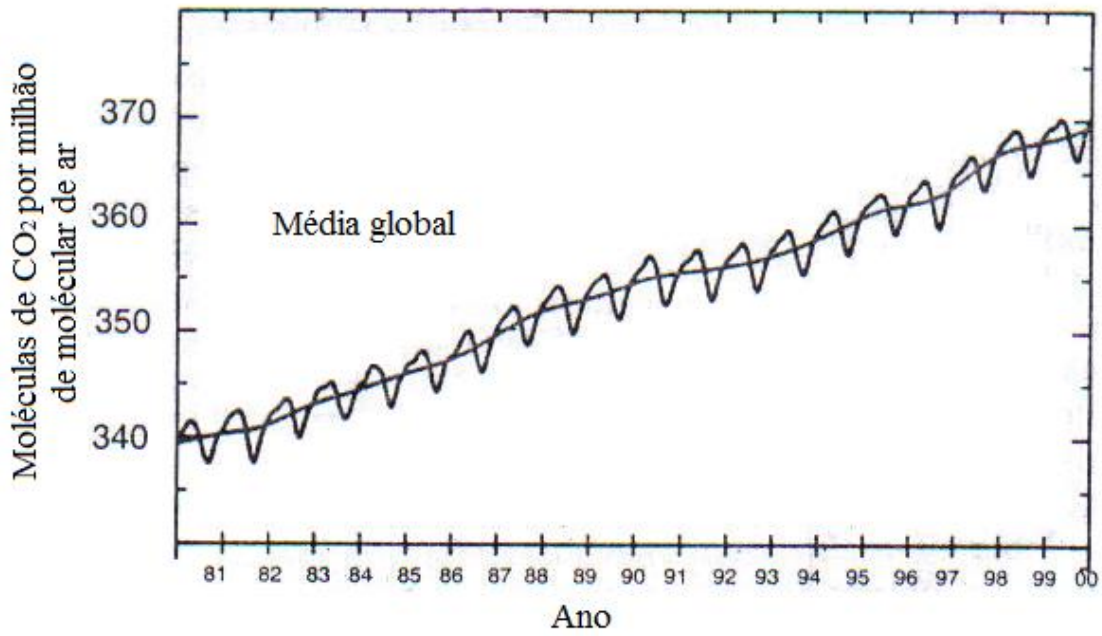


Figura 5.5: A concentração de dióxido de carbono atmosférico em partes por milhão (ppm) de ar seco em função do tempo durante a segunda metade do século XX. Esses dados foram registrados no Mauna Loa Observatory no Havaí. As variações anuais (curva em ziguezague) coincidem com os períodos de crescimento porque a vegetação fornece de dióxido de carbono para o ar. o crescimento contínuo (curva tracejada) preocupa os cientistas.
Fonte: Serway (2006)

Um dos componentes importantes do problema do aquecimento global é a concentração de dióxido de carbono na atmosfera. O dióxido de carbono desempenham um papel importante na absorção de energia e na elevação da temperatura da atmosfera. Como visto no gráfico aqui apresentado a quantidade de dióxido de carbono na atmosfera tem aumentado continuamente desde a metade do século XX. O gráfico mostra dados brutos que indicam que a atmosfera está passando por uma mudança importante, apesar

de nem todos os cientistas concordarem com interpretação do que essa mudança significa em termos de temperaturas globais.

Além de seus aspectos científicos, o aquecimento global é uma questão social com muitas facetas. Esses aspectos envolvem política e economia internacionais porque o problema é Global. Modificar nossas políticas públicas requer custos reais para solucionar o problema. Ele também possui aspectos tecnológicos, novos métodos de produção, transporte e abastecimento de energia devem ser projetados para desacelerar o reverter o aumento da temperatura.

ATIVIDADE INVESTIGATIVA V

1. Qual o parâmetro utilizado para analisar o aumento de temperatura do planeta?

2. O que é o Aquecimento Global?

3. De acordo com o texto, todos os cientistas concordam com o fato de estar havendo um aquecimento do planeta como um todo?

5.11 AVALIAÇÃO SUGERIDA

O processo de avaliação acontecerá de forma contínua.

- Participação nas discussões: 20%
- Atividades de CTSA I: 20%
- Questões Propostas no Conteúdo II: 20%
- Questões Propostas no Conteúdo III: 10%
- Atividades de CTSA II: 20%

5.12 AVALIAÇÃO DA SEI N° 05

Será entregue um questionário para que os alunos respondam, individualmente, avaliando o desenvolvimento da unidade didática. Esta avaliação propiciará informações que possam servir a uma apreciação crítica do trabalho pedagógico.

Queremos Sua Opinião

Não é necessário se identificar

Caro aluno analise o desenvolvimento desta sequência de ensino expressando sua opinião acerca dos seguintes aspectos.

- Exposição do conteúdo pelo professor:
- Interação da turma com o professor e dos alunos entre si:
- Uso do experimento para melhor compreensão do conteúdo abordado:
- Uso dos textos complementares:
- Resolução dos exercícios:

5.13 ATENDIMENTO AOS DOCUMENTOS OFICIAIS

DIRETRIZES CURRICULARES NACIONAIS PARA O ENSINO MÉDIO [13]

Art. 5°

II - trabalho e pesquisa como princípios educativos e pedagógicos, respectivamente;

IV - sustentabilidade ambiental como meta universal;

V - indissociabilidade entre educação e prática social, considerando-se a historicidade dos conhecimentos e dos sujeitos do processo educativo, bem como entre teoria e prática no processo de ensino-aprendizagem;

VI - integração de conhecimentos gerais e, quando for o caso, técnico-profissionais realizada na perspectiva da interdisciplinaridade e da contextualização;

§ 2º A ciência é conceituada como o conjunto de conhecimentos sistematizados, produzidos socialmente ao longo da história, na busca da compreensão e transformação da natureza e da sociedade.

§ 3º A tecnologia é conceituada como a transformação da ciência em força produtiva ou mediação do conhecimento científico e a produção, marcada, desde sua origem, pelas relações sociais que a levaram a ser produzida.

Art. 6º

O currículo é conceituado como a proposta de ação educativa constituída pela seleção de conhecimentos construídos pela sociedade, expressando-se por práticas escolares que se desdobram em torno de conhecimentos relevantes e pertinentes, permeadas pelas relações sociais, articulando vivências e saberes dos estudantes e contribuindo para o desenvolvimento de suas identidades e condições cognitivas e sócio-afetivas.

Art. 8º

§ 2º A organização por áreas de conhecimento não dilui nem exclui componentes curriculares com especificidades e saberes próprios construídos e sistematizados, mas implica no fortalecimento das relações entre eles e a sua contextualização para apreensão e intervenção na realidade, requerendo planejamento e execução conjugados e cooperativos dos seus professores.

Art. 12º

I - garantir ações que promovam:

c) a língua portuguesa como instrumento de comunicação, acesso ao conhecimento e exercício da cidadania;

II - adotar metodologias de ensino e de avaliação de aprendizagem que estimulem a iniciativa dos estudantes;

III - organizar os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação de tal forma que ao final do Ensino Médio o estudante demonstre:

a) domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna;

b) conhecimento das formas contemporâneas de linguagem.

Art. 14º

IX - os componentes curriculares devem propiciar a apropriação de conceitos e categorias básicas, e não o acúmulo de informações e conhecimentos, estabelecendo um conjunto necessário de saberes integrados e significativos.

XIII - a interdisciplinaridade e a contextualização devem assegurar a transversalidade do conhecimento de diferentes componentes curriculares, propiciando a interlocução entre os saberes e os diferentes campos do conhecimento.

PCN+ - ENSINO MÉDIO [10]

- As competências gerais no aprendizado das Ciências da Natureza e da Matemática

Respeitando a diversidade das ciências, conduzir o ensino dando realidade e unidade é compreender que muitos aprendizados científicos devem ser promovidos em comum, ou de forma convergente, pela Biologia, pela Física, pela Química e pela Matemática, a um só tempo reforçando o sentido de cada uma dessas disciplinas e propiciando ao aluno a elaboração de abstrações mais amplas.

- Linguagens partilhadas pelas Ciências

O reconhecimento, a utilização e a interpretação de seus códigos, símbolos e formas de representação; a análise e a síntese da linguagem científica presente nos diferentes meios de comunicação e expressão; a elaboração de textos; a argumentação e o posicionamento crítico perante temas de ciência e tecnologia.

Reconhecer e utilizar adequadamente na forma oral e escrita símbolos, códigos e nomenclatura da linguagem científica.

Análise e interpretação de textos e outras comunicações: Consultar, analisar e interpretar textos e comunicações de ciência e tecnologia veiculados por diferentes meios.

Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências.

Discussão e argumentação de temas de interesse: Analisar, argumentar e posicionar-se criticamente em relação a temas de ciência e tecnologia.

- Dos Instrumentos de investigação utilizados

Estratégias para enfrentamento de situações-problema: Identificar em dada situação-problema as informações ou variáveis relevantes e possíveis estratégias para resolvê-la.

Interações, relações e funções; invariantes e transformações: Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações.

Medidas, quantificações, grandezas e escalas: Selecionar e utilizar instrumentos de medição e de cálculo, representar dados e utilizar escalas, fazer estimativas, elaborar hipóteses e interpretar resultados.

Modelos explicativos e representativos: Reconhecer, utilizar, interpretar e propor modelos explicativos para fenômenos ou sistemas naturais ou tecnológicos.

Relações entre conhecimentos disciplinares, interdisciplinares e interáreas: Articular, integrar e sistematizar fenômenos e teorias dentro de uma ciência, entre as várias ciências e áreas de conhecimento.

- Da contextualização no ensino das Ciências

Ciência e tecnologia na história: Compreender o conhecimento científico e o tecnológico como resultados de uma construção humana, inseridos em um processo histórico e social.

Ciência e tecnologia na cultura contemporânea: Compreender a ciência e a tecnologia como partes integrantes da cultura humana contemporânea.

Ciência e tecnologia na atualidade: Reconhecer e avaliar o desenvolvimento tecnológico contemporâneo, suas relações com as ciências, seu papel na vida humana, sua presença no mundo cotidiano e seus impactos na vida social.

Ciência e tecnologia, ética e cidadania: Reconhecer e avaliar o caráter ético do conhecimento científico e tecnológico e utilizar esses conhecimentos no exercício da cidadania

- As competências em Física

Análise e interpretação de textos e outras comunicações de ciência e tecnologia: Consultar, analisar e interpretar textos e comunicações de ciência e tecnologia veiculados por diferentes meios.

Elaboração de comunicações: Elaborar comunicações orais ou escritas para relatar, analisar e sistematizar eventos, fenômenos, experimentos, questões, entrevistas, visitas, correspondências.

Discussão e argumentação de temas de interesse de ciência e tecnologia: Interações, relações e funções; invariantes e transformações: Identificar fenômenos naturais ou grandezas em dado domínio do conhecimento científico, estabelecer relações; identificar regularidades, invariantes e transformações.

MATRIZ DE REFERÊNCIA PARA O ENEM 2009[18]

- Matriz de referência de Matemática e suas Tecnologias .

Competência de área 3 - Construir noções de grandezas e medidas para a compreensão da realidade e a solução de problemas do cotidiano.

H10 - Identificar relações entre grandezas e unidades de medida.

H12 - Resolver situação-problema que envolva medidas de grandezas.

H13 - Avaliar o resultado de uma medição na construção de um argumento consistente.

H14 - Avaliar proposta de intervenção na realidade utilizando conhecimentos geométricos relacionados a grandezas e medidas.

Competência de área 4 - Construir noções de variação de grandezas para a compreensão da realidade e a solução de problemas do cotidiano.

H17 - Analisar informações envolvendo a variação de grandezas como recurso para a construção de argumentação.

Matriz de Referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Competência de área 1 – Compreender as ciências naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

H3 – Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.

H4 – Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.

Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

H18 – Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

H19 – Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da física para, em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

H21 – Utilizar leis físicas e (ou) químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e(ou) do eletromagnetismo.

H22 – Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos, ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.

H23 – Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.

5. 14 REFERÊNCIAS

[1] GUIMARÃES, Osvaldo. Física/ Osvaldo Guimarães, José Roberto Piqueira, Wilson Carron. – 1. Ed. – São Paulo: Ática, 2013.

[2] BLOG DO MESTRE. Os principais gases que compõem o ar e suas aplicações. Disponível em: http://www.oblogdomestre.com.br/2014/01/composicaodoar.quimica.html. Último acesso em: 18 de Mai. 2016.

[3] BRASIL. Poluentes Atmosféricos. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: http://www.mma.gov.br/cidades-sustentaveis/qualidade-do-ar/poluentes-atmosf%C3%A9ricos. Último acesso em: 18 de Mai. 2016.

[4] SERWAY, Raymond A. Princípios de Física: movimento ondulatório e termodinâmica. Raymond A. Serway, John W. Jewett, Jr.; tradução Leonardo Freire de Melo, Tânia M. V. Freire de Melo. Revisão técnica André Koch Torres Assis. São Paulo. 2006.

[5] NAUTILUS. A evolução histórica para a interpretação do comportamento dos gases e as biografias dos seus intervenientes. Departamento de Física. Universidade de Coimbra. Disponível em: http://nautilus.fis.uc.pt/cec/pressao/dados/anexo7/index.html. Último acesso em: 18 de Mai. 2016.

[15] GUIMARÃES, Osvaldo. Física/ Osvaldo Guimarães, José Roberto Piqueira, Wilson Carron. – 1. Ed. – São Paulo: Ática, 2013.

[16] BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio. Conselho Nacional de Educação Câmara de Educação Básica. Brasília, 2012.

[17] BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. PCN+ Ensino Médio. Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília, 2002.

[18] BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Matriz de referência para o Enem 2009. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. Brasília, 2009.